

발간등록번호

11-1543000-000583-01

생산성 향상을 위한 김치제조 공정용 가공 플랜트  
기반기술 개발

Basic Technology Development for the Productivity  
Improvement of Kimchi Processing Equipments

세계김치연구소

농림축산식품부

# 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “생산성 향상을 위한 김치제조 공정용 가공 플랜트 기반기술 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2014 년 8 월 7 일

주관연구기관명 : 세계김치연구소

주관연구책임자 : 한 응 수

연구원 : 정 영 배

연구원 : 양 지 희

연구원 : 이 상 일

연구원 : 이 재 철

연구원 : 서 은 진

연구원 : 류 정 표

참여기업명 : 라이스코리아(주), 청하기계(주)

위탁연구기관 : 고등기술연구원

위탁연구책임자 : 이 은 실

연구원 : 정 희 숙

제2세부연구책임자 : 박 성 훈

연구원 : 정 선 화

연구원 : 정 금 주

협동연구기관명 : 농협식품안전연구원

협동연구책임자 : 김 형 국

연구원 : 석 문 식

연구원 : 배 민 정

연구원 : 박 미 정

참여기업명 : 해남배추(주)

# 요 약 문

## I. 제 목

생산성 향상을 위한 김치제조 공정용 가공 플랜트 기반기술 개발

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

### 1. 연구개발의 목적

생산성 향상을 위한 김치제조 공정용 가공 플랜트 기반기술 개발 과제의 목적은 김치제조업의 생산성을 향상시키기 위하여 소규모 김치 제조공정에 적합한 배추 연속절임 자동화 기술과 장비를 개발하고 절임염수를 재사용 할 수 있는 절임염수의 친환경 재처리기술 및 장치를 개발하며, 이들을 트레일러 상에 안전하게 탑재할 수 있는 이동식 배추절임장치의 자동화 기술과 장비를 개발하여 이동식 배추절임 트레일러를 제작하는 것이다. 그리고 이 장비를 배추 산지에서 시운전하여 절임배추를 위생적으로 생산할 수 있는 품질관리 표준처리절차(SOP)와 양념소넣기 자동화 기술을 개발하는 것이다

### 2. 연구개발의 필요성

김치산업은 노무비가 제조원가의 20-30%를 차지하는 대표적인 노동집약적 산업으로 선진산업으로 발전하기 위해서는 노동생산성 향상이 필요하고 배추를 절이는데 하룻밤 16시간이 소요되어 자본생산성 향상에 걸림돌이 되고 있으므로 절임시간을 단축하여 단위 설비 당 생산량을 증대시킬 필요가 있다. 한편 양념소넣기를 비롯한 대부분의 공정이 수작업으로 수행됨으로써 품질이 균일하지 못하여 공산품으로 발전하는데 문제가 있으므로 제조공정을 기계화하여 김치의 품질을 균일화하는 것이 필요하다. 또한 김치공장은 많은 쓰레기와 폐수 발생으로 환경문제를 야기하므로 절임염수의 재사용 방법 및 친환경 처리기술을 개발할 필요가 있다. 한국의 김치산업이 지속가능한 산업으로 발전하기 위해서는 생산성 향상을 위한 김치제조 공정용 가공 플랜트 기반기술을 개발하여 실용화할 필요가 있다.

## III. 연구개발 내용 및 범위

### 1. 연구개발의 내용

- o 소규모 김치 제조공정의 자동화 기술 및 장비 개발
  - 배추 연속절임 자동화 기술 및 장비 개발
  - 이동식 배추절임장치 자동화 기술 및 장비 개발
  - 양념소넣기 자동화 기술 개발

- 절임염수 재사용 방법 및 친환경 처리기술 개발
  - 고가의 염수 필터장치 대체기술 및 장치의 개발
  - 트레일러에 설치 가능한 소규모 염수재처리 장치 개발
- 절임배추의 위생 및 품질 관리를 위한 표준처리 절차 개발
  - 품질관리: pH, 총산, 대장균군, 식중독균, 총균수, 유산균수, 관능검사 등
  - 위생관리: 자동화 장치의 위생관리 방안 마련
- 김치제조 자동화장비의 투자 대비 경제성 규명
  - 배추 및 절임배추의 생산 유통 현황 조사
  - 이동식 배추절임시스템의 절임배추 제조원가
  - 이동식 배추절임시스템의 비용편익분석

## 2. 연구개발의 범위

생산성 향상을 위한 김치제조 공정용 가공 플랜트 기반기술 개발 과제는 소규모 김치 제조공정의 자동화 기술 및 장비 개발(세부1)과 절임염수의 재사용 방법 및 친환경 처리기술 개발(세부1의 위탁) 및 절임배추의 위생 및 품질 관리를 위한 표준처리 절차 개발(협동), 그리고 김치제조 자동화장비의 투자 대비 경제성 규명(세부2)의 범위로 수행하였다.

소규모 김치 제조공정의 자동화 기술 및 장비 개발은 배추절임공정의 생산성 향상을 위하여 배추 연속절임 자동화 기술을 개발하고 소규모 장비로 제작하여 트레일러 상에 설치하였고, 이때 이동식 배추절임 트레일러의 안전성을 확보하기 위하여 배추연속절임 자동화장비, 염수회수조 및 염수재처리장치를 트레일러 적정 위치에 배치하였다. 제작한 이동식 배추절임 트레일러를 제작현장에서 1차 및 2차 시운전하고 나서 트랙터로 견인하여 해남 월동배추 산지로 이동하면서 이동 중에 트레일러 절임장비의 안정성을 관찰하였다. 트레일러를 트랙터에 결합하여 이동을 준비하는 시간과 이동하여 가동상태로 설치하는데 소요되는 시간을 측정하였다. 참여기업인 해남배추(주)에 트레일러를 전체연구진의 합동으로 설치하고 수확한 월동배추로 산지에서 3차 시운전하여 배추연속절임 자동화장비의 절임배추 생산 공정 조건을 최적화하였다. 통합공정을 최적화하기 위하여 다시 한 번 전체 연구진이 합동으로 4차 시운전을 하여 배추절임장비의 최적운전조건을 설정하였고, 염수재처리장치의 운전조건을 설정하였으며, 절임배추의 품질을 평가하였고, 경제성분석 자료를 확보하였다.

양념소넣기 자동화 기술 개발은 양념소넣기 장비의 현장 운용실태와 특허를 조사하여 자동화기술을 분석하고, 경사교반식과 수평교반식 양념소넣기장치의 특성을 분석하여 양념소넣기 자동화장치의 개발방향을 제시하였다.

절임염수의 재사용 방법 및 친환경 처리기술 개발은 기존의 처리기술을 비교 분석하였고, 김치공장에서 사용하는 절임염수의 특성을 분석하였으며, 전기화학방식으로 염수를 재사용하는 시험을 통해 염수재처리시스템을 설계하였다. 그리고 이들 시스템을 트레일러의 제한된 공간에 설치하기 위해 부품을 개발하고 배치도를 재설계하여 트레일러에 설치하고 해남 월동배추 산지로 이동하여 절임배추 생산현장에서 시운전하여 염수의 품질을 유지하기 위한 잔류염소 발생 농도를 적정 수준으로 유지하는 최소 소비 전력량을 확인하였다.

절임배추의 위생 및 품질 관리를 위한 표준처리절차 개발은 HACCP 기준에 맞는 절임

배추의 품질규격(안)을 설정하였고, 이러한 규격(안)에 적합한 절임배추를 생산할 수 있는 이동식 배추 자동절임장비 및 염수재처리장치의 설계기준을 개발하였으며, 개발된 이동식 배추자동절임장비 및 염수재처리장치의 현장 시운전을 통하여 생산한 절임배추의 품질을 김치로 제조하여 관능평가 하여 품질규격(안)에 적합여부를 판단하였고, 이동식 배추 자동절임장비, 염수재처리장치 및 양념소넣기 자동화장비의 현장 시험을 통하여 김치의 위생·품질관리 표준처리절차(SOP)를 개발하였다.

김치제조 자동화 장비의 투자대비 경제성을 규명하기 위하여 절임트레일러와 세척 트레일러로 구성된 이동식 배추절임시스템을 이용할 경우 생산 가능한 절임배추의 양을 추정하고, 이를 통해 이동식 배추절임시스템에 소요되는 비용을 산정하였고, 비용은 시설비, 설비비, 재료비, 인건비, 제조경비, 경상운영비 등이 포함되어 있다. 편익은 이동식 배추절임시스템으로 생산한 절임배추의 판매가격 분석을 통해 산정하였다. 비용·편익분석은 산정된 값을 바탕으로 할인율, 판매실현율, 판매가격에 각각 2가지 가정을 도입하여 8가지 시나리오에 대해서 분석 하였으며, 분석기간은 10년으로 하였다.

#### IV. 연구개발결과

본 연구는 소규모 김치 제조공정의 자동화 기술 및 장비 개발 분야(세부1)와 절임염수의 재사용 방법 및 친환경 처리기술 개발 분야(세부1의 위탁) 및 절임배추의 위생 및 품질 관리를 위한 표준처리 절차 개발 분야(협동), 그리고 김치제조 자동화장비의 투자 대비 경제성 규명 분야(세부2)로 나누어 수행하였고, 각 연구개발 수행내용에 대한 결과 요약은 다음과 같다.

##### 1 소규모 김치 제조공정의 자동화 기술 및 장비 개발

배추절임공정의 생산성 향상을 위하여 배추 연속절임 자동화 기술을 개발하고 소규모 장비로 제작하여 트레일러 상에 설치하였다. 배추 연속절임 자동화 기술 및 장비 개발은 배추를 4시간 이내에 연속으로 절이는 기술을 개발하고 배추 연속절임장비의 자동화공정을 설계한 다음, 배추 투입장치, 배추 2절기와 경사컨베이어, 2절배추 투입장치와 수평컨베이어, 배추절임조, 염수 주입과 배출 장치, 절임배추 건짐컨베이어, 절임배추 밀기장치, 절임배추 이송컨베이어를 설계하고 1일 20톤의 절임배추를 생산하는 규모로 제작하여 트레일러 상에 설치하고 2013년 5월에 1차 시운전하였다.

이동식 배추절임 트레일러를 개발하기 위하여 배추연속절임 자동화장비를 이동식 평트레일러의 중앙과 후단부에 설치하였고, 무게중심을 낮추기 위하여 염수회수조를 하부에 설치하였으며, 회전이동시 진폭되지 않도록 염수재처리장치를 트레일러의 앞부분에 설치하였다. 제작한 이동식 배추절임 트레일러를 2013년 12월에 화성 제작현장에서 2차 시운전하고 염수회수조에 염수 7톤을 채운 상태로 트랙터로 견인하여 2014년 1월 초에 전라남도 해남으로 시속 80km로 이동하면서 이동 중에 트레일러 절임장비의 변형과 안정성을 관찰하였다. 관찰한 결과, 염수회수조의 용접부위가 틈이 생기면서 염수가 소량 누출되었으나 전체 기계설비는 안정하였다. 즉 염수재처리장치를 트레일러의 앞부분에 설치하고 염수회수조를 하부에 설치하여 무게중심을 앞으로 하고 낮춘 것이 이동시 안전에 문제가 없음이 증명되었고, 트레일러를 트랙터에 결합하여 이동을 준비하는데 2시간, 이동하여 가동

상태로 설치하는데 2시간이 소요되었다.

참여기업인 해남배추(주) 마당에 트레일러를 설치하고 2014년 2월 중순에 전체 연구진이 월동배추로 산지에서 3차 시운전하여 배추연속절임 자동화장비의 절임배추 생산 공정을 최적화하였다. 즉 배추절임조A에 1.8톤의 절단배추가 자동으로 30분 만에 투입되고 덮개를 덮어 고정시킨 다음 30℃의 고농도염수(30%w/v)를 주입하여(5분소요) 50분간 침지하였다가 냉각되고 뚫어진 염수를 배출시키고(5분소요) 다시 30℃의 고농도염수를 주입하여 절였다. 염수의 주입과 침지 배출을 4회 반복(4시간)하고 절여진 배추를 건짐컨베이어와 배추밀기장치를 이용하여 자동으로 배출하였으며, 배추의 투입에서 절임배추의 배출까지 총 5시간이 소요되었다. 트레일러 상에 설치된 배추절임조A, B, C, D 4개를 1시간 간격으로 순차적으로 작동시켜 연속 가동하면 1일 24시간에 4반복씩 가능하므로 4개의 절임조에서 총 28.8톤의 배추를 절여서 절임배추를 20톤(절임수율 70%가정) 생산할 수 있는 것으로 평가되었다. 통합공정을 최적화하기 위하여 2014년 4월 초에 전체 연구진이 합동으로 4차 시운전을 하였다. 시운전 결과 세부1은 배추절임장비의 최적운전조건을 설정하였고, 위탁은 염수재처리장치의 운전조건을 설정하였으며, 협동은 절임배추의 품질을 평가하였고, 세부2는 경제성분석 자료를 확보하였다.

양념소넣기 자동화 기술 개발은 양념소넣기 장비의 현장 운용실태와 특허를 조사하여 자동화기술을 교반식, 회전식, 분사식, 침지식 및 바름식으로 분석하고, 경사교반식 양념소넣기 장치와 수평교반식 양념소넣기 장치를 시험하여 특성을 분석하고 양념소넣기 자동화장비의 개발방향을 제시하였으며, 2014년 5월에 G김치공장에서 교반식 양념소넣기 자동화장비로 생산한 김치의 품질을 평가한 결과 수작업으로 제조한 김치와 차이가 없음을 확인하였다.

## 2. 절임염수의 재사용 방법 및 친환경 처리기술 개발

절임염수의 재사용 방법 및 친환경 처리기술을 개발하기 위하여 기존의 처리기술을 비교 분석하였고, 김치공장에서 사용하는 절임염수의 특성을 분석하였으며, 전기화학방식으로 30회 재사용하는 시험을 통해 염수재처리 시스템을 바스켓필터, 전기화학반응조, 활성탄 여과, 마이크로 필터 순으로 공정을 설계하였다. 그리고 이들 시스템을 트레일러의 제한된 공간에 설치하기 위해 부품을 개발하고 배치도를 재설계하여 집적 설치하고 해남 월동배추 산지로 이동하여 절임배추 생산현장에서 시운전하였다. 시운전 결과 시간당 2톤 처리규모로 절임염수를 처리하여 절임염수의 염도, pH, 산도, COD 및 미생물의 품질을 재사용 가능한 수준으로 유지할 수 있었으며, 잔류염소 발생 농도를 10~20 mg/L로 유지하는 경우 소비 전력량이 평균 0.31 kWh/m<sup>3</sup>로 최소화되어 경제성이 있음을 확인하였다.

## 3. 절임배추의 위생 및 품질 관리를 위한 표준처리절차 개발

절임배추의 위생 및 품질 관리를 위한 표준처리절차를 개발하기 위하여 HACCP 기준에 맞는 절임배추의 품질규격(안)을 pH, 총산, 대장균군수, 병원성미생물, 총균수, 유산균수 및 관능검사의 규격(안)으로 설정하였고, 이러한 규격(안)에 적합한 절임배추를 생산할 수 있는 이동식 배추 자동절임장비 및 염수재처리 장비의 설계기준을 개발하였으며, 개발된 이동식 배추 자동절임장비 및 염수재처리 장비의 현장 시운전을 통하여 생산한 절임배추

의 품질을 pH, 총산, 대장균군수, 병원성미생물, 총균수, 유산균수로 측정하고, 김치를 제조하여 관능평가한 결과 이화학적 및 미생물학적 수치가 절임배추의 품질규격(안)에 적합하였고, 이동식 배추절임트레이러로 절임배추로 김치를 제조하여 통상의 김치공장에서 절임배추로 담근 김치와 5주간 품질을 비교 평가한 결과 동등 이상이었다. 그리고 이동식 배추 자동절임장비, 염수재처리장비 및 양념소넣기 자동화장비의 현장 시험을 통하여 김치의 위생·품질관리 표준처리절차(SOP)를 개발하였다.

#### 4. 김치제조 자동화 장비의 투자대비 경제성 규명

김치제조 자동화 장비의 투자대비 경제성을 규명하기 위하여 비용·편익분석(Cost-Benefit Analysis)을 이용하여 김치제조 자동화 장비의 경제성을 분석하였다. 배추절임 트레이러와 세척 트레이러로 구성된 이동식 배추절임시스템을 1년간 240일 가동할 경우 생산 가능한 절임배추의 양을 추정하고, 이를 통해 이동식 배추절임시스템에 소요되는 비용을 산정하였고, 비용은 시설비, 설비비, 재료비, 인건비, 제조경비, 경상운영비 등이 포함되어 있다. 편익은 이동식 배추절임시스템으로 생산한 절임배추의 판매가격 분석을 통해 산정하였다. 비용·편익분석은 산정된 값을 바탕으로 할인율(할인율 5%, 할인율 10%), 판매실현율(제3년차에 판매량 100% 도달, 제0년차부터 판매량 100%달), 판매가격(적정가격 1,275.9원, 시장가격 평균 추정치의 하한 값 1,732.0원)에 각각 2가지 가정을 도입하여 총 8가지 시나리오에 대해서 분석하였으며 분석기간은 10년으로 하였다. 총 8개의 시나리오에 대한 비용·편익분석의 결과는 편익-비용 비율이 최저 0.915에서 최고 1.367로 나타났으며, 사업 타당성 평가 기준인  $BCR \geq 1.0$ 을 충족하는 시나리오는 총 8개의 시나리오 중 5개로 나타났다. 결론적으로 이 사업은 재무적 관점에서 타당성을 갖고 있으나, 시나리오를 구성하는 세 가지 변수 가운데 확정적인 것이 없기 때문에 사업의 타당성을 단정 지을 수는 없었다.

## V. 연구성과 및 성과활용 계획

### 제1절 특허 등 지식재산권 확보 성과

#### 1. 특허 확보

##### 가. 등록 특허

- (1) 염수순환식 자동배추절임장치(등록번호10-1347475)
- (2) 침탈식 배추자동절임장치(등록번호10-1347429)

##### 나. 특허출원

- (1) 침지식 김치 양념소넣기 장치(출원번호10-2013-0124683)
- (2) 배추김치 양념소넣기 장치(출원번호10-2014-0095743)

## 2. 논문 발표

### 가. 논문발표

한국식품과학회, 한국식품영양과학회, 한국물환경학회 등에 이동식 배추절임을 위한 자동화 장비개발 등 15 편의 논문 발표

### 나. 논문게재

- (1) 이동식 자동절임장치로 절인 배추김치의 품질특성, 한국식품영양과학회지, 심사중
- (2) 양념소녕기 자동화장치로 제조한 배추김치의 품질특성, 한국식품영양과학회지, 심사중
- (3) 배추김치 양념소녕기 자동화 기술 및 장치, 식품과학과 산업, 게재예정(2014. 9)
- (4) 전기화학적 처리에 의한 배추절임염수 재사용 가능성 평가, 대한상하수도학회지, 게재 예정(2014. 10. 15)

## 3. 시작품 및 매뉴얼 제작

### 가. 배추 연속절임장비 1식

### 나. 이동식 배추절임장비 1식

### 다. 염수재사용장치 1식

### 라. 절임배추 및 김치 품질위생관리 표준처리절차 매뉴얼 1건

## 제2절 실용화 · 산업화 · 홍보 계획

### 1. 실용화

- 가. 배추연속절임장비는 참여기업인 라이스코리아에서 신규 김치(절임)공장 설치 시에 기술 실시를 계획 중
- 나. Sales Material Kit(SMK)로 기술소개서와 홍보동영상을 제작하여 김치(절임)공장 설비 업체에 기술마케팅을 추진하여 P사와 기술이전 협의 중

### 2. 산업화

이동식 배추절임기술은 벤처기업인 H사에서 사업성 검토 중

### 3. 언론홍보

- 가. 해남 산지에서 이동식 배추절임 트레이일러장비를 시운전하고 그 내용을 언론에 홍보함 (2014. 2. 17. 연합뉴스, 세계일보, 헤럴드 등에 기사 7건보도)
- 나. Cost-saving mobile automatic cabbage-salting trailer technology가 국가과학기술연구회에서 2014 정부출연연구기관 우수기술로 선정되어 UKC에서 책자와 동영상으로 홍보마케팅함(2014.8.6.-9, 미국 시카고)
- 다. 이동식 배추절임 시스템은 배추의 계약재배율을 높일 수 있는 정책자료로 활용 건의 계획



### 제3절 추가연구, 타연구에 활용 계획

#### 1. 추가연구 계획

연구개발 실용화 사업으로 추진 계획하여 이동식 배추절임 트레일러 장비에 배추투입 단계와 절임배추 세척단계를 추가하여 절임배추 산지생산유통 시스템의 완성도를 높여 사업화할 계획임

#### 2. 타연구에 활용계획

과학기술 기반 채소류 수급유통 고도화 사업의 배추수급유통 연구에 활용할 계획임

# SUMMARY

## I. Title of Research

Basic Technology Development for the Productivity Improvement of Kimchi Processing Equipments

## II. Objectives and Significance of Research

The objective of this research is to develop a basic technology for the productivity improvement of kimchi processing equipments and research was carried out for the aims of 1) development of small scale kimchi processing technology and equipments, 2) development of reusing method and eco-friendly treatment technology of salting brine, 3) SOP development for the hygiene & QC of salted baechu and kimchi processing .

Kimchi making is the typical labour intensive industry in Korea, so Korean kimchi is more expensive than imported one as two or three times. To become the advanced industry kimchi making processes should be improved in labour and capital productivity by process mechanization and automation. Salting process automation can reduce the salting time to 4 hours from 16 hours with the same capital and kimchi sauce stuffing machine can resolved the labour shortage in plant located at rural area. And we can expect the uniform quality of kimchi by exchange the manpower with machinery in kimchi plant. Mechanization and automation of kimchi making process are necessary for Korean Kimchi Industry to remain as a sustainable industry in Korean.

## III. Contents and Scope of Research

As above this research was carried out as 4 parts separately, 1) development of small scale kimchi processing technology and equipments, 2) development of reusing method and eco-friendly treatment technology of salting brine, 3) SOP development for the hygiene & QC of salted baechu and kimchi processing and 4) a feasibility study of developing the automated kimchi processing equipments. The contents and scope of the research are as follows.

1. Development of small scale kimchi processing technology and equipments
  - Development of continuous baechu salting technology and automated equipments
  - Development of automation technology and mobile baechu salting equipments

- Development of automatic kimchi stuffing technology
- 2. Development of reusing method and eco-friendly treatment technology of salting brine
  - Development of alternative technology and apparatus of brine filter
  - Development of brine reusing apparatus suitable for trailer
- 3. SOP development for the hygiene & QC of salted baechu and kimchi processing
  - Quality control: pH, acidity, coliform group, pathogenic microorganisms, total viable cell, lactic acid bacteria, sensory test
  - Development of standard operation procedure of hygiene control in automated apparatus
- 4. Feasibility study of developing the automated kimchi processing equipments
  - Reduction of labor cost and production time, productivity improvement
  - Minimize the loss of kimchi in automated kimchi making process

#### **IV. Research Results**

In order to develop a basic technology for the productivity improvement of kimchi processing equipments, this research was carried out as 4 parts separately, 1) development of small scale kimchi processing technology and equipments, 2) development of reusing method and eco-friendly treatment technology of salting brine, 3) SOP development for the hygiene & QC of salted baechu and kimchi processing and 4) feasibility study of developing the automated kimchi processing equipments.

In order to develop a small scale kimchi processing technology and equipments continuous baechu salting technology within 4 hours and automatic processing system were developed. And small scale equipment parts were made suitable size for the trailer as baechu input hopper, half cutter, slope conveyer, input apparatus, horizontal conveyer, salting tank, salting brine input/output apparatus, salted baechu output conveyer, salted baechu pushing apparatus and salted baechu carry conveyer, then installed on the trailer as 20 tons per day production capacity

In order to develop a mobile baechu salting trailer continuous baechu salting automatic equipments were installed on the middle and rear parts of trailer, salting brine tank was installed on the lower side of trailer for the lowering of gravity center, and the salting brine reusing system was installed on the front of trailer to prevent the fall down of trailer at curve driving. The mobile baechu salting trailer was stable during the moving from Hwasung to Haenam at the speed of 80 km/h by traction with filling 7 tons of brine in the brine tank. Two hours was necessary to prepare the trailer for the moving conditions and the same time was required to establish the trailer for the operation conditions after arrival.

Mobile baechu salting trailer was established on the field of winter baechu production area and test-operated for the optimization of baechu salting automatic equipments. Thirty

minutes was necessary to fill the salting tank A with 1.8 tons of half cut baechu automatically, and 240 minutes was required to salting baechu with 4 cycle circulation of salting brine, each cycle consisted of 5 minutes brine injection with 30% salinity at 30°C, 50 minutes salting and 5 minutes ejection. Salted baechu was taken out from salting tank by meshed slope conveyer with pushed by pushing apparatus toward slope conveyer. Total 5 hours was required for 1 cycle baechu salting process at each salting tank and salting tank B, C and D were operated sequentially with 1 hour interval.

Automatic kimchi stuffing technology was developed by searching the kimchi stuffing machine at factories and patent data, and analyzed as blending, rotating, injecting, dipping and spreading types. Horizontal and slope blending type kimchi stuffing machines were tested and the quality of kimchi made with horizontal blending machine was as good as that of conventional hand made kimchi.

In order to develop a reusing method and eco-friendly treatment technology of salting brine, characteristics and treatment technology were analyzed and then reusing system was designed as basket filter, electrochemical reactor, active carbon filter, micro filter process. Processing parts of reusing system were developed as customized size to the trailer and installed as compact system on the trailer. The trailer was tracted to the field of winter baechu, then test-operated with automatic baechu salting equipment. The results of test-operation were successful to maintain the quality of salting brine as reusable level, as salinity, pH, acidity, COD, total viable cell counts. The electric power was minimized to 0.31 kWh/m<sup>3</sup> at the level of chlorine concentration 10-20 mg/L with 2 tons of salting brine treatment per hour.

In order to develop a standard operation procedure(SOP) for the hygiene & QC of salted baechu and kimchi processing, a SOP of salted baechu suitable for HACCP standards was developed. The quality index of salted baechu for the SOP are pH, total acidity, salinity, moisture content, viable cell counts, yeast & mold counts, coliform bacteria, pathogenic microorganisms and sensory score. Hygiene design specifications to make mobile automatic baechu salting equipment and salting brine reusing equipment were developed. The physicochemical index of salted baechu produced by the mobile automatic baechu salting equipment and salting brine reusing equipment were suitable for the kimchi making quality. Organoleptic quality of kimchi made with salted baechu produced by the mobile automatic baechu salting equipment and salting brine reusing equipment was equal or higher than that of produced by kimchi factory equipments. We established a kimchi making SOP through a test-operation of the mobile automatic baechu salting equipment, salting brine reusing equipment and kimchi sauce stuffing machine.

In order to study the feasibility of developing the automated kimchi processing equipments, the economic evaluation of the automated kimchi processing equipments analyzed by using a cost-benefit analysis. In this study, we estimated the production capabilities of salted baechu. Through this, we estimated the cost of mobile salting system. The cost include the cost of equipments, materials, labors, manufacturing and working

expenses. The benefit is calculated using a cost analysis of mobile salting system. Cost-benefit analysis is analyzed as eight scenarios with the analysis period of 10 years. The result show that B/C ratios were between 0.915 and 1.367, and 5 of them have validity, because B/C ratio is upper than 1.0. Consequently, this system have a economic validity, but we can not jump to the conclusion because there are some assumptions.

## CONTENTS

<b>Chapter 1. An Outline of Project</b> .....	18
Section 1. Purpose and needs of research .....	18
Section 3. Scopes of research .....	19
<b>Chapter 2. Present Situations of Technology Development in and outside the Country</b> .....	20
Section 1. Present situations of technology development on salted baechu in and outside the country .....	20
Section 2. Positioning of research results on present situations of technology development in and outside the country .....	26
<b>Chapter 3. Research Contents and Results</b> .....	27
Section 1. Development of small scale kimchi processing technology and equipments ----	27
Section 2. Development of reusing method and eco-friendly treatment technology of salting brine .....	98
Section 3. SOP development for the hygiene & QC of salted baechu and kimchi Processing .....	134
Section 4. Feasibility study of developing the automated kimchi processing equipments --- .....	177
<b>Chapter 4. Achievements of Research Objective and Contributions to Related Fields</b> .....	210
Section 1. Achievement of research objectives .....	210
Section 2. Contributions to related fields .....	213
<b>Chapter 5. Research Performances and Their Application Plans</b> .....	215
Section 1. Achievement of obtain intellectual property and patent .....	215
Section 2. Commercialization, industrialization and promotion plans .....	217
Section 3. Application plans for research performances .....	218
<b>Chapter 6. Science and Technology Informations Collected from Other Countries</b> .....	219

<b>Chapter 7. Research Facilities and Equipments</b> .....	220
Section 1. Developed research facility and equipments .....	220
<b>Chapter 8. References</b> .....	224

# 목 차

<b>제 1 장</b>	<b>연구개발과제의 개요</b>	18
제1절	연구개발의 목적 및 필요성	18
1.	연구개발의 목적	18
2.	연구개발의 필요성	18
제2절	연구개발 범위	19
<b>제 2 장</b>	<b>국내외 기술개발 현황</b>	20
제1절	국내·외 관련분야에 대한 기술개발 현황	20
1.	관련 기술 특허분석	20
2.	관련 기술 논문분석	22
3.	관련 기술 제품분석	22
4.	산업화 방향	25
제2절	연구결과가 국내·외 기술개발현황에서 차지하는 위치	26
1.	김치산업의 자본생산성 향상	26
2.	김치산업의 노동생산성 향상	26
3.	김치산업의 환경오염 방지	26
4.	일자리 창출	26
<b>제 3 장</b>	<b>연구개발수행 내용 및 결과</b>	27
제1절	소규모 김치 제조공정의 자동화 기술 및 장비 개발	27
1.	트레일러에 설치 가능한 소규모 배추 연속절임 자동화 기술 및 장비 개발	27
2.	이동식 배추절임장치 자동화 기술 및 장비 개발	67
3.	양념소넣기 자동화 기술 개발	78
제2절	절임염수의 재사용 방법 및 친환경 처리기술 개발	98
1.	절임염수의 특성 평가	98
2.	절임염수의 전기화학적 처리시스템 최적화 연구	105



3. 트레이일러에 설치 가능한 소규모 염수재처리 장치 개발	113
<b>제3절 절임배추의 위생 및 품질 관리를 위한 표준처리절차 개발</b>	134
1. HACCP 기준에 맞는 절임배추의 품질규격(안) 설정	134
2. 이동식 배추 자동절임장비의 HACCP 기준에 맞는 설계기준 개발	142
3. 자동화장비로 제조한 절임배추 및 김치의 품질평가	153
4. HACCP 기준 적용 가능한 위생·품질관리 표준처리절차 개발	161
<b>제4절 김치제조 자동화 장비의 투자대비 경제성 규명</b>	177
1. 배추 및 절임배추의 생산·유통 현황 조사	177
2. 이동식 배추절임시스템의 절임배추 제조원가	195
3. 이동식 배추절임시스템의 비용·편익 분석	203
<b>제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도</b>	210
제1절 연구개발목표의 달성도	210
제2절 관련분야 기술발전에의 기여도	213
<b>제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획</b>	215
제1절 특허 등 지식재산권 확보 성과	215
1. 특허 확보	215
2. 논문 발표	215
3. 시제품 및 매뉴얼 제작	216
제2절 실용화·산업화·홍보 계획	217
1. 실용화	217
2. 산업화	217
3. 정책자료 활용	217
4. 언론홍보	217
제3절 추가연구 및 타연구에 활용 계획	218
1. 추가연구 계획	218
2. 타연구에 활용계획	218
<b>제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보</b>	219

제 7 장 연구시설·장비 현황	220
제1절 개발한 연구시설·장비 현황	220
1. 배추 연속절입장비	220
2. 이동식 배추절입장비	221
3. 염수재사용 장치	223
제 8 장 참고문헌	224

# 제 1 장 연구개발과제의 개요

## 제1절 연구개발의 목적 및 필요성

### 1. 연구개발의 목적

김치제조공정의 생산성 향상을 위하여 소규모 김치 제조공정에 적합한 배추 연속자동절임 장비와 이동식 배추절임장치의 자동화 기술과 장비를 개발하고, 절임염수의 친환경 재처리 기술 및 장비를 개발하며, 양념소냉기 자동화 기술을 개발하고, 절임배추의 위생·품질관리를 위한 표준처리절차(SOP)를 개발한다.

구체적으로는 배추의 절임시간을 4시간 이내로 단축하여 24시간 연속하여 절이는 배추 연속절임 자동화 기술 및 장비를 개발하고, 이동 준비시간이 3시간 이내이고 1일 16톤의 절임 배추를 생산하는 이동식 배추절임장치 자동화 기술 및 장비를 개발하며, 절임염수를 30회 재사용할 수 있는 절임염수 친환경 재처리 기술 및 1일 6톤 처리규모의 재처리장치를 개발하고, 양념소냉기 장치의 소냉기 특성을 분석하여 양념소냉기 자동화 기술 개발의 방향을 제시하며, 이동식 배추절임 장비에서 생산하는 절임배추 위생·품질관리 표준처리절차(SOP) 매뉴얼을 개발하는 것이다.

### 2. 연구개발의 필요성

#### 가. 김치산업의 노동생산성 향상

공장김치 생산이 증가하고 있으나 아직도 배추절임이 1일 1회에 머물러 있고, 양념소냉기 공정 등이 수작업에 의존하고 있으므로 이들 공정을 혁신하고 자동화하여 노동생산성과 자본생산성을 높여야 한다.

#### 나. 김치의 품질표준화를 위한 제조공정 관리기술 개발

국산 김치의 품질이 중국산보다 우수하다고 하나 제조시마다 품질편차가 커서 유의성 있는 품질차별화가 어려우므로 제조공정을 기계화하여 공장김치의 품질을 일정한 범위 내에서 균일하게 관리할 수 있어야 한다.

#### 다. 중국산김치에 대한 가격경쟁력 회복전략

노무단가의 상승으로 한국산 김치의 가격이 중국산보다 약 2배가 높아 중국산 김치의 수입이 매년 4만 톤씩 늘어나 2013년에는 22만 톤에 달하였으며 중국산 김치와의 가격경쟁력 회복을 위한 제조공정의 자동화가 필요하다.

#### 라. 절임염수 재사용 방법 및 친환경 처리기술 개발

김치 제조 공정은 다량의 소금과 용수를 소비하는 과정으로서 소규모 김치 제조공정에서 다량의 소금(천일염) 사용으로 인해 생산단가가 증가되고(절임염수 사용 비중은 국내 김치 생산단가의 8~10% 수준), 소금과 용수를 다량 소비하는 생산구조이기 때문에 절임염수 및 세척수를 생산라인에 재사용하여 생산단가를 줄임과 동시에 염분으로 인한 난분해성 폐수 발생의 절감이 필요하다.

#### 마. 신사업 개발로 신규 일자리 창출

김치공장의 절임공정은 3D 업종으로 청년들이 기피하여 외국인 노동자들이 담당하고 있

으나, 이를 기계화하고 자동화한 이동식 절임배추 생산시스템은 3C 업종으로 발전가능하고 사업성이 높으므로 새로운 일자리를 창출할 수 있다.

## 제2절 연구개발 범위

본 연구에서는 선행연구의 경험을 바탕으로 절임배추의 위생품질관리를 위한 지침을 추가하여 절임배추를 산지에서 효율적으로 생산할 수 있는 이동식 절임배추 생산시스템을 개발하기 위한 기술과 기계장비를 개발하는 것이다.

### 가. 소규모 김치 제조공정의 자동화 기술 및 장비 개발

이동식 배추절임장비 자동화 기술 및 장비를 개발하고 트레일러에 설치한 소규모 배추 연속절임 자동화 장비를 작동시키며 양념소넣기 자동화 기술을 개발하는 것을 목적으로 한다.

### 나. 절임염수의 재사용 방법 및 친환경 처리기술 개발

절임염수의 재사용을 구현하기 위하여 기존의 단순 여과 방법이나 살균방법을 개선하여 절임염수의 특성에 최적화된 여과시스템과 살균시스템을 동시에 수행 할 수 있는 소규모 자동화 기술을 개발하고, 소규모 김치 제조공정에 적합한 여과 및 전기화학 시스템을 적용하여 절임염수를 재사용함으로써 김치의 생산단가를 줄이고 절임염수를 80% 이상 절감시키는 자동화 기술 및 장비 개발을 목적으로 한다.

- 재사용횟수 : 30회 이상 (30% 염분 기준)
- 살균 효율 : 99.9% 이상
- 입자성오염원 제거 효율 : 99.9% 이상
- Pilot plant 규모 : 6 톤/일 (30% 염분 기준)

### 다. 절임배추의 위생 및 품질 관리를 위한 표준처리 절차 개발

자동화장비로 제조한 절임배추 및 김치의 품질을 평가하여 절임배추의 품질 관리를 위한 기준으로 사용하고, 품질관리를 위한 시험항목으로 pH, 총산, 대장균군, 식중독균, 총균수, 유산균수, 관능검사 등을 실시하여 결과를 분석하며, 또한 절임배추의 품질향상을 위한 이동식 절임배추 자동화 장비의 위생관리를 위한 방안을 마련한다.

### 라. 김치제조 자동화 장비의 투자대비 경제성 규명

이동식 배추절임시스템의 경제성을 구명하기 위하여 절임배추의 수요를 예측하고 이동식 배추절임트레일러의 시운전 결과를 바탕으로 절임배추의 제조원가를 산정하여 순현재가법으로 비용편익을 분석하여 사업성을 평가한다.

### 마. 차후 연구개발 과제

이동식 배추 산지절임 시스템의 완성을 위해서는 배추 절임트레일러의 개발이 필요할 뿐만 아니라, 배추상자를 자동으로 쏟아주는 이동식 배추상자 자동쏟기 장치와 절임배추를 산지에서 세척 정선 탈수 냉각 포장할 수 있는 이동식 세척트레일러를 개발하여 절임배추를 산지에서 상품화할 수 있는 전체 생산공정의 자동화 연구가 필요하다.

## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

### 제1절 국내·외 관련분야에 대한 기술개발 현황

이동식 배추절임장비의 개발은 고랭지배추의 산지유통시스템 개발(2000, 농림부)에서 시작하여 대관령 고랭지배추 산지에서 트럭을 이동한 시험에서 가능성을 연구하였고, 진공함침기술을 적용하여 고농도염수로 고온에서 절이면 절임시간을 4시간으로 단축가능하고 절임배추의 품질도 우수함을 보여주었으며, 이동식 배추절임장치의 개발에서 저장트레일러에 호이스트 방식으로 배추를 절이고 세척하는 공정과 자가발전시설까지 설치하여 시운전하였으나 생산성이 낮고 발전기의 소음이 심하여 개선이 필요하였다. 그리고 배추의 산지유통인이 컨테이너식 배추절임장비를 제작하여 산지에서 시험한 경험이 있으나 작업의 어려움과 생산성이 낮아 사업으로 이어지지 못하였다. 한편 양념소내기 장비의 연구는 산업체에서의 필요성에 의해 여러 가지 방법이 고안되고 일부는 시제품을 시험하였으나 실용화된 것이 없으며 관련된 특허는 있으나 논문은 발표되지 않았다. 관련기술을 특허, 논문 및 제품분야로 분석하고 산업화 방향을 제시하면 다음과 같다.

#### 1. 관련 기술 특허분석

지금까지 이분야의 기술개발현황을 특허 측면에서 분석해보면 다음과 같다.

- 가. 배추절임 기계설비 관련 연구는 배추 절임염수, 세척 및 절임 장치, 세척수 등에 관한 특허가 대부분이며, 2000년 이후 관련 특허의 출원과 공고가 증가하고 있다.
- 나. 배추절임 기계설비 관련 특허를 살펴보면 1991년부터 2010년까지 총 34건의 특허가 출원되었고, 그 중 배추 절임수에 관한 특허가 22건으로 가장 많았고, 세척 및 절임 장치 10건, 세척 및 절임수 등에 관한 특허가 2건 출원되었다.

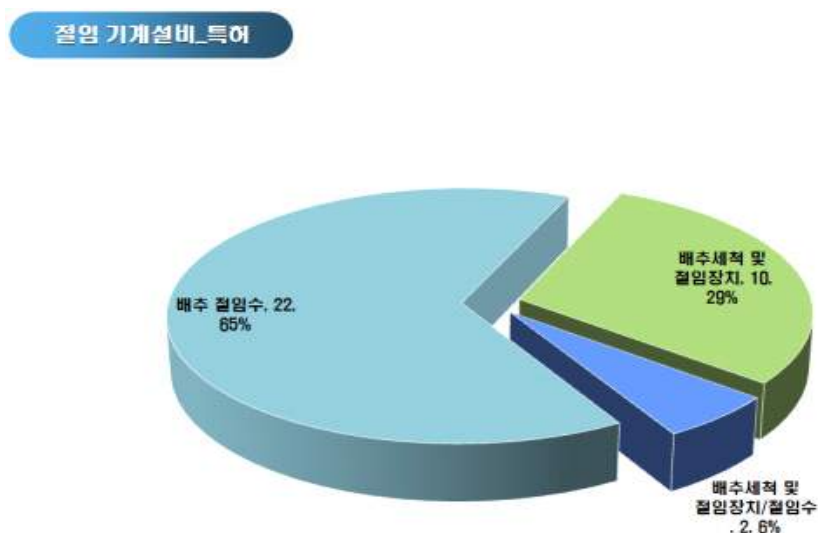


그림 1. 절임 기계설비 특허의 분야별 분포도

- 다. 최근 절임 기계설비 관련 특허는 절임기계장치 및 절임수, 절임장치 등에 관한 특허가 많은 부분을 차지하며 살균 및 온도 조절과 관련된 특허도 출원되고 있다.
- 라. 양념소넣기 장치에 관한 특허는 20여건으로 최근에 출원이 증가하고 있고 기술은 크게 교반식, 회전식, 분사식, 침지식 및 바름식으로 분류할 수 있으며, 현재의 통배추 김치에는 교반식을 적용하여 부분적인 자동화가 가능하나 완전자동화를 위해서는 그 외의 방법들을 시험하여 개선하는 연구가 필요하다.



그림 2. 절임 기계설비 특허 기술 분류별登高선 지도

- 마. 최근 10년간(2002-2011) 김치 제조장치 관련 국내 특허 출원 및 등록 건수를 살펴보면 총 47건이 출원되어 그중 30건이 등록되었고, 특허분쟁이 있었던 2006년에 10건이 출원되어 10건이 등록되었으며 2009년 이후 등록률이 낮아지고 있다.

표 1. 최근 10년간 김치 제조장치 관련 국내 특허 출원 및 등록 건수

연도	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011.6	계
출원	5	3	2	3	10	4	3	5	8	4	47
등록	4	4	2	1	10	3	2	1	3	0	30

(자료출처: 특허청 김치제조기술 특허동향 발표자료, 2011)

- 바. 김치 기계설비 관련 특허는 김치 제조 공정에 따라 기술 분야별로 달리 출원 되고 있으며, 전처리 및 세척장치, 배추 절단장치, 절임 장치, 탈수 및 세척장치, 혼합장치, 포장장치의 출원되고 있다. 이 중 절임 및 탈수와 관련된 특허가 13건으로 많이 출원되었고, 포

장 관련 특허도 5건이 출원되었다. 기존 특허는 견인식 배추 속성 절임장치, 포기김치 양념 속 넣기 자동화 장치, 절임용 폐염수 재활용 장치 등의 기술이 개발된 바 있으나 기술적 완성도가 낮아 실용화 되지 못하고 있다.

사. 본 연구과제에서는 기존 기술의 단점을 보완하고 상품김치의 생산성 향상 및 제조원가를 절감시킬 수 있는 배추 연속절임 자동화 기술 및 기계장치, 이동식 배추절임 자동화 기술 및 기계장치, 양념소넣기 자동화 기술, 염수 필터장치 대체기술 및 기계장치 등을 개발하였다.

## 2. 관련 기술 논문분석

가. 배추의 절임과 관련하여 발표된 논문은 1991년부터 2011년까지 27건이 매년 1-3편씩 지속적으로 *Journal of Food Science*, *Journal of Food Processing and Preservation*, *Food Science and Biotechnology*에 발표되었다.

나. 배추 연속절임기술 및 이동식 절임장치를 이용한 절임배추의 품질평가, 양념소넣기 자동화 기술 등을 이용한 김치의 품질평가에 대한 논문은 발표된 바 없으며, 배추 재배 방법 및 품종에 따른 절임특성 분석, 전기분해수 등을 이용한 배추의 절임특성 평가, 상업용 배추김치의 제조공정별 미생물 변화, 반복 사용한 절임염수로 절인 배추의 품질평가 등에 관한 논문이 *Food Science and Biotechnology*, *Journal of Food Processing and Preservation* 등의 학회지에 게재되었다.

다. 채소절임 및 절임기계 등과 관련된 논문은 2002년부터 10년간에 40편이 발표되었고, 최근 관련도 높은 논문이 증가하고 있어서 이 분야의 중요성을 보여주고 있으며, 관련 논문은 *Journal of Applied Microbiology*, *Journal of Food Science* 등에 게재되어 있다.

## 3. 관련 기술 제품분석

가. 국내 김치 시장은 약 2조 6천억 원으로 추정되고, 이중 공장생산이 50.4%이고 자가생산이 49.6%이었으며 공장생산 비율은 2005년 40.0%에서 2009년 50.4%로 증가하였다. 그리고 국내 시판김치의 판매량은 675천 톤이었고, 매출액은 2005년 9,662억 원에서 2009년 1조 109억원으로 증가하였다.

표 2. 2009년 국내 김치 공급주체별 시장점유율

(단위 : 톤, %)

구 분	자체생산·공급			시판김치				계
	일반가정	요식업소	소계	공장김치		수입김치	소계	
				포장김치	즉석김치			
생산량	601,688	63,513	665,201	483,371	43,599	148,125	675,095	1,340,241
비중	44.9	4.73	49.6	36.1	3.25	11.1	50.4	100

자료 : 식품세계, 김치 시장 동향, 2010

- 나. 상품 배추김치 소비량은 2011년 26.96g/인일(61만 2,435톤/연)에서 2030년 35.56g/인일(95만 8,530톤/연)으로 완만히 증가할 것으로 전망되나, 가내제조 배추김치 소비량의 감소에 따라 전반적인 배추김치 소비량은 감소할 것으로 전망된다.
- 다. 국내 김치제조업체는 약 448개로 김치만 생산하는 업체가 52%, 김치와 절임을 함께 판매하는 업체가 33%, 김치, 절임, 반찬류를 모두 판매하는 업체가 15%였으며, 종업원 수 10명 이하의 소규모 업체가 전체의 60.9%를 차지하였다.

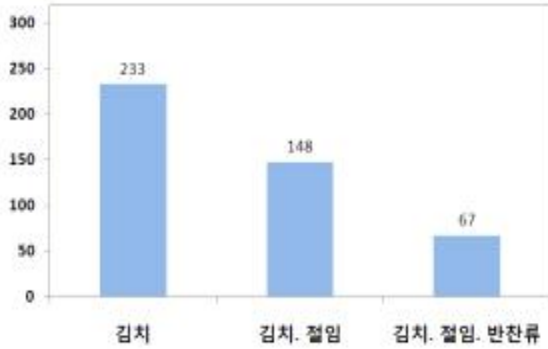


그림 3. 취급품목별 김치제조업체 현황

표 3. 종업원 수별 김치제조업체 현황

구분	업체 수	비중(%)
10인 이하	273	60.9
11인 이상 20인 이하	66	14.7
21인 이상 30인 이하	37	8.3
31인 이상 40인 이하	19	4.2
41인 이상 80인 이하	31	6.9
81인 이상 150인 이하	16	3.6
151인 이상 330인 이하	6	1.3
합계	448	100

- 라. 국내의 김치 기계설비 제작업체는 10여개 미만으로 영세 중소기업이므로 김치 제조설비의 자동화 시스템 개발에 독자적인 연구개발을 수행할 수 없는 형편이고, 이들 업체가 생산하는 주요 기계설비는 배추절단기, 배추 절임조, 절임배추 세척조, 양념소넣기 작업대, 염수탱크 등이다.
- 마. 절임배추 생산현황은 2003년 4,124톤에서 2008년에 38,257톤으로 9.3배 증가하였고 2011년에는 156,183톤으로 크게 증가하였다. 이는 소비자의 절임배추에 대한 수요증가에 부응하여 김치공장과 농가에서 절임배추의 생산을 확대하였기 때문이다. 또한 주요 김치업체에서도 절임배추를 외주 가공하여 김치 완제품을 생산하는 방식으로 변화되어 가고 있다. 지역별로는 강원, 경북, 인천, 경남에서 주로 생산되었고 시장규모는 약 3,000억원으로 조사되었다.

표 4. 절임배추 생산현황 (단위: 톤)

년도	물량
2011	156,183
2008	38,257
2006	13,638
2005	14,288
2004	11,435
2003	4,124

자료 : 농림수산식품부, 채소류 가공현황 2003-2008

농림수산식품부, 2011 김치산업실태조사(2012.12)



- 바. 배추의 절임공정은 통배추김치용 절임에 적합한 회분식 절임을 하고 있으며, 배추투입, 이절, 절임조 투입, 쌓기, 절임조 누름판 설치, 염수주입 및 순환, 절임배추 배출로 구성된다. 작업과정이 복잡하고 많은 인력과 중노동이 소요되어 3D(dangerous, difficult, dirty)업종으로 분류되어 외국인 노동자들이 일하고 있다.
- 사. 염수재사용 기술과 장치는 오존살균법, 단순여과법, 막여과법, 전해살균법 등으로 우리나라 김치공장 절임염수 재사용 시스템에 대한 기술개발이 진행된 바는 있으나, 아직까지 상용화 규모의 장치 개발보다 시제품으로서 사례가 많다.

표 5. 염수 재사용 기술의 종류 및 장단점

적용기술		장점	단점
여과	정밀여과 (MF)	- 운전 간편	- 미생물 증식으로 재사용 횟수 제한 (여름철 사용 불가능)
	한외여과 (UF)	- 운전 간편 - 바이러스영역까지 분리 가능	- 살균이 아닌 분리의 개념으로 점액성물질에 의한 표면막힘 현상 발생 (운전비용 증가) - 농축수10% 수준 발생 (별도처리 필요)
살균 (MF와 연계)	오존살균	- 살균능력 우수 - 설치 및 유지관리 간편 - 일반화된 설비	- 상온에서 용존율(10mg/L)에 한계 있음 - 용존된 오존가스와 미생물간의 접촉율을 높일 수 있는 별도 장치 필요 (용존율 보다 더 중요함) - 오존가스 처리설비 별도 필요 - 부대효과 : 유기산 제거효율 약 5% - 운전비와 설비비 높음 - 잔류 오존을 제거할 수 있는 후처리 설비 필요
	전해살균	- 살균능력 우수 - 접촉효율 우수 - 운전비와 설비비 낮음	- 절임수의 전기화학적 특성에 맞도록 전해셀과 투입전력량 설계 필요 - 부대효과 : 유기산 제거효율 약 30% - 잔류염소를 제거할 수 있는 후처리 설비 필요
	적외선 살균 광촉매 살균	- 설치 및 유지관리 간편 - 2차오염원 없음	- 접촉효율 낮음 (적외선 조사에 대한 접촉효율) - 운전비와 설비비 높음 - 광촉매의 경우 광촉매 분리설비 별도 필요 - 현재 연구단계로 상용화 사례 없음

표 6. 염수 재사용 기술 적용 사례

관련기술 보유업체	주요방식	설치실적	주요기능	가격	비고
라이스코리아	오존발생 (미국 수입)	순천농협	살균	고가	- 순천농협 설치되어 있으나 실제 사용 안됨 - 재사용률 낮음 - 원리상 살균 지속성 없음
대덕종합기계	단순 여과	전곡농협 외	고형물 제거	저가	- 단순필터 방식으로 재사용 률 낮음(최대 5회 이하, 동 질기) - 원리상 살균 지속성 없음
태웅환경기술	멤브레인 여과	없음	미세입자 제거	중가	- 고염의 경우 멤브레인이 자 주 막힘 - 원리상 살균 지속성 없음
희성금속	전해살균	아워홈	살균 및 용존유기물 제거	중가	- 최근 전기화학방식의 살균 조 개발 - 전기화학반응조 설계기술 부족으로 사업포기 - 염분 농도가 높아 운전비용 낮음 - 지속적인 살균능력 발현

아. 해외에서는 김치류 제조설비를 전문으로 생산하는 업체는 없고 국외 채소류 가공설비 업체는 대부분 김치 제조설비로 사용할 수 없는 절단기 종류를 생산하고 있다.

#### 4. 산업화 방향

가. 김치 제조공정의 개선을 위한 기초연구는 “김치류 가공기계의 성능개선을 위한 기초연구, 1994, 한국식품연구원”, “김치 제조공정의 개선 및 자동화에 관한 연구, 1995, 농협대학(과학기술처)”, “김치 제조설비의 자동화 시스템 개발, 2000, 한국식품연구원(농림부)”, “김치공장의 자원 및 통합 관리기술 개발, 2005, 한국식품연구원(농림부)” 등의 연구가 수행되었다. 본 연구에서는 김치 제조공정별 자동화 기술 및 장비 개발, 절임염수 재사용 방법 및 친환경 처리기술 개발 등의 연구를 통하여 생산성 향상을 위한 김치제조공정용 가공 플랜트 기반기술을 개발하였다.

나. 김치제조공정용 가공 플랜트 기반기술의 산업화를 통한 기대효과는 직접적 경제효과가 340억 원, 경제적 파급효과가 760억 원, 부가가치 창출액이 43억 원으로 산업화 이후 5년간 총 1143억 원의 효과가 기대되었다.

표 7. 김치제조공정용 가공 플랜트 기반기술의 산업화 기대효과

(단위 : 백만원)

항 목 \ 산업화 기준	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계
직접 경제효과	3,000	5,000	7,000	9,000	10,000	34,000
경제적 파급효과	6,000	10,000	15,000	20,000	25,000	76,000
부가가치 창출액	600	700	800	1,000	1,200	4,300
합 계	9,600	15,700	22,800	30,000	36,200	114,300

- 1) 직접 경제효과 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통해 기대되는 제품의 매출액 추정치
- 2) 경제적 파급효과 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통한 농가소득효과, 비용절감효과 등 추정치
- 3) 부가가치 창출액 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통해 기대되는 수출효과, 브랜드가치 등 추정치

## 제2절 연구결과가 국내·외 기술개발현황에서 차지하는 위치

지금까지의 연구결과가 소규모 장비로 제작되어 실험된데 비하여 본 연구에서는 생산규모로 배추 절임트레일러를 제작하여 배추산지로 이동하여 시험하였고 현장 시운전을 거쳐 생산성 향상을 확인하였으며 경제성분석을 하여 사업성을 평가하였다.

### 1. 김치산업의 자본생산성 향상

기존의 김치공장이 많은 고정자본을 투자하여(절임배추 20톤 생산 규모의 공장 건설 시 약 35억 원) 1일 1회 절임배추를 생산하는데 비하여, 배추 자동절임장비는 소액투자(약 7억 원)로 같은 양의 절임배추를 생산할 수 있으므로 김치산업의 자본생산성을 5배 증대시킬 수 있다.

### 2. 김치산업의 노동생산성 향상

김치공장의 양념소넣기 공정은 수작업으로 진행되어 1인당 1일 300kg밖에 생산하지 못하나 양념소넣기 자동화 장치를 개발하여 일부만을 자동화해도 생산성이 30% 증대되고 전자동 양념소넣기 자동화장치를 개발하면 생산성을 획기적으로(3-5배) 증대시킬 수 있을 것이다.

### 3. 김치산업의 환경오염 방지

김치공장은 악취의 발생으로 주거지와 일정거리 떨어진 지역에 입지하게 되는데 악취의 주요원인은 배추다듬기 공정에서 발생하는 배추쓰레기와 절임공정에서 발생하는 절임염수인데 이동식 배추절임 시스템은 산지에서 다음은 배추로 상자에 담아 수확하므로 배추쓰레기는 밭에 남게 되고, 절임염수를 재사용하므로 환경오염을 방지할 수 있다.

### 4. 일자리창출

현재(2013년) 중국산김치의 수입량이 22만톤으로 4,400명의 국내 일자리를 잃고 있는 것이다. 국내에서 김치제조공정의 자동화로 중국산김치와의 경쟁력을 갖추어 국내에서 생산하는 양이 늘어난다면 많은 일자리를 창출할 수 있을 것이다.

## 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

### 제1절 소규모 김치 제조공정의 자동화 기술 및 장비 개발

#### 1. 트레일러에 설치 가능한 소규모 배추 연속절임 자동화 기술 및 장비 개발

##### 가. 배추 연속절임 자동화 기술 및 장비 개발

##### (1) 배추를 4시간 이내에 연속으로 절이는 기술 개발

반절배추를 쌓고 눌러준 다음 30%(w/v) 고농도 염수를 30℃로 가열하여 주입하고 염수를 1시간 간격으로 4회 순환시키면 배추의 염도가 2.0±0.5%에 도달한다. 이 기술을 이용하여 배추를 연속으로 절이는 기술과 시스템을 개발하였다.

트레일러 1대에 절임조 4개를 사방으로 설치하고 4개가 순차적으로 작동하여 연속적으로 절임배추를 생산하려면 절임조의 용량은 4.7톤이 적합하였고 여기에 생배추 2.0톤을 쌓고 염수 2.5톤을 주입하여 4시간을 절이면 절임배추 1.6톤을 생산할 수 있다. 절임조에 반절배추를 쌓는 시간 1시간과 절임배추를 배출하는 시간 1시간을 더하면 1회 생산 시 총 6시간이 소요되어 1일 4회 생산이 가능하고 절임조 4개가 각각 1일 4회씩 생산하여 25.6톤(1.6톤×4개×4회)의 절임배추를 생산할 수 있다.

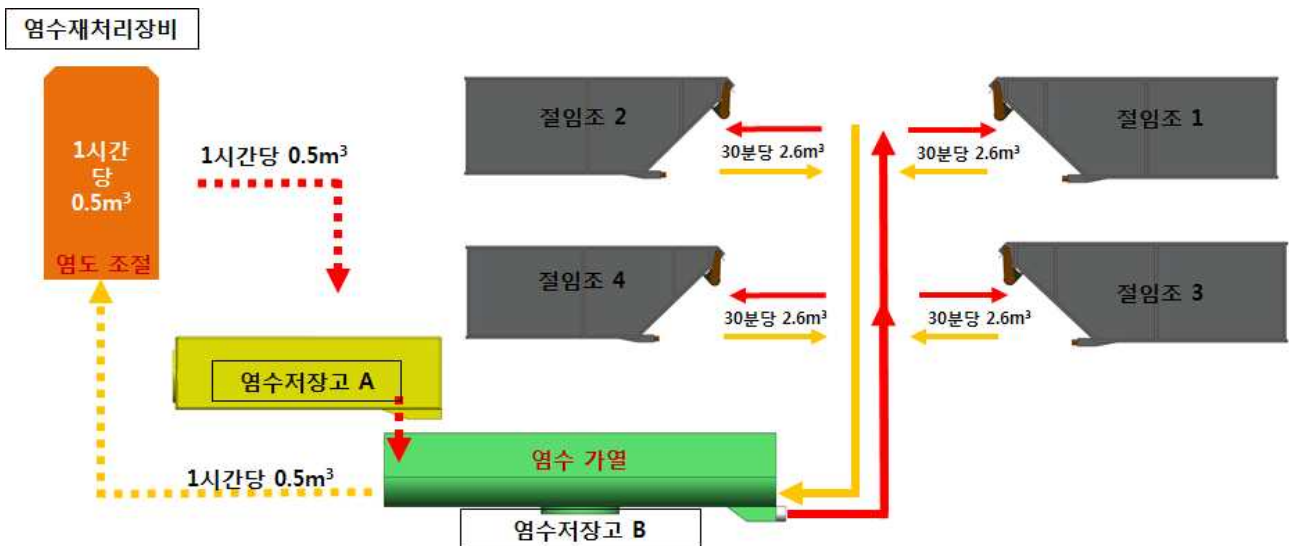


그림 1. 배추 연속 절임기술의 개념도



그림 2. 배추연속절임장비 제작사진

## (2) 배추 연속절임장비의 자동화공정 설계

배추의 절임공정에서 묽어지고 냉각된 염수를 교환하는 방식을 분류하면 염수는 정지되어 있고 배추를 염수에서 건졌다가 다시 침지시키는 침탈식과 배추는 그대로 있고 염수를 배출했다 주입하는 염수순환식으로 나눌 수 있다.

### (가) 침탈식

배추덮개를 고정하고 절임조에 염수를 주입하여 배추를 일정시간 절인 다음 배추절임망을 절임조로부터 꺼내서 배춧잎 사이의 염수를 빼냈다가 다시 염수에 침지하는 것을 반복하여 절이는 시스템이다. 이때 유압실린더를 이용한 동력장치를 써서 배추망을 회전시키면서 절임조로부터 꺼내고 침지하기를 반복하여 4시간 동안 절이고 나서 절여진 배추는 덮개를 열고 절임망을 상승회전시켜 컨베이어에 쏟아 세척트레일러로 이송한다.

이때 절임조는 트레일러 상부에 4개를 설치하고 중앙에 이송컨베이어를 설치하며, 절임망이 회전을 해야 하므로 절임망의 크기가 반경의 1m 이내의 4분할 원통형이 되어 절임배추의 생산량이 18톤으로 적어진다. 또한 절임배추를 컨베이어에 한꺼번에 쏟으면 컨베이어의 부하가 커져 작동이 어려워진다.

용량을 증대시키기 위하여 배추망을 2개로 하여 설계하였으나 회전배출 시 트레일러의 무게 중심이 흔들려서 차량전복의 위험성이 노출되었다. 여러 가지 어려움이 예상되어 다른 방식의 연구가 필요하였다.

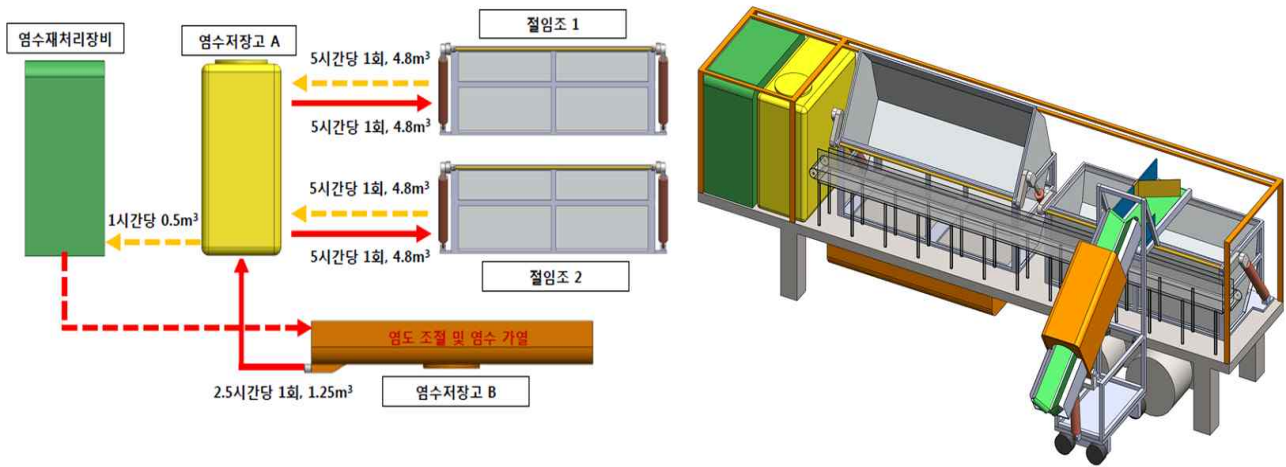


그림 3. 침탈식 배추연속절임 방식

(나) 혼합식

혼합식은 트레일러 중앙에 종으로 컨베이어를 설치하고 트레일러의 중간부 좌우에 침탈식 절임장치를 설치하며 트레일러 후미에 염수순환식 장비를 2개 설치하는 시스템으로 침탈식과 염수순환식의 장단점을 한꺼번에 시험할 수 있는 장점이 있으나 장치구성이 복잡하여 생산용으로는 적합하지 않았다.

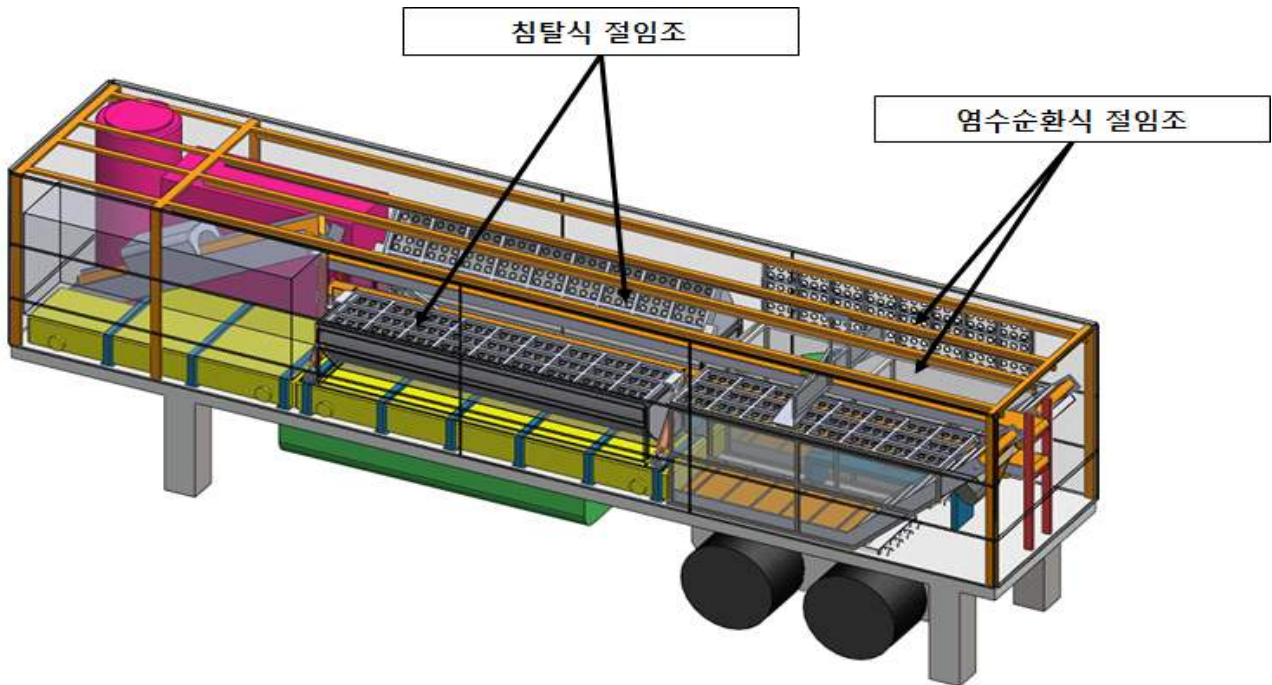


그림 4. 혼합식 배추연속절임 방식

(다) 염수순환식

염수순환식은 배추절임조에 반절한 생배추를 쌓고 덮개를 덮어 고정하고 염수를 주입하여 일정시간 절인 다음 희석된 염수를 염수회수조로 배출하고 염도가 조정된 염수를 새로 주입하

여 4시간 동안 절인 다음, 절여진 배추를 컨베이어를 이용하여 절임조로부터 배출하고 이를 세척트레일러로 이송하는 시스템이다.

본 연구에서는 배추를 절임조에 넣고 염수를 주입하고 배출하기를 반복하여 절이고 절인배추를 꺼내는 모든 공정을 5시간 이내에 완료하는 것을 목표로 시스템을 설계하였다. 염수 순환 시간은 배추를 절임조에 넣는 시간과 배추를 절임조에서 빼는 시간을 합하여 60분 이내로 하였고, 절임시간은 30분씩 8회 총 4시간을 예상하였다. 7분 30초에 염수의 배수와 급수가 이루어지도록 하였고, 한 절임조 당 하루 4번 운영하는 것을 목표로 하여 설계하였다. 단기 순환방식은 염수 순환 시간을 20분으로 하고 절임횟수를 여러 번 하여 원하는 염도의 절임배추를 생산하는 것이고, 중기 순환방식은 염수 순환 시간을 40분으로 하고 절임횟수를 적당히 하여 원하는 염도의 절임배추를 생산하는 것이다. 장기 순환방식은 염수 순환 시간을 60분으로 하고 절임횟수를 적게 하여 원하는 염도의 절임배추를 생산하는 것이다.

이러한 기준으로 배추절임조를 설계하여 우선 1개를 제작하고 시운전한 결과 염수의 공급 및 배출시간이 각각 15분씩 소요되어 배추와 염수의 접촉시간이 부족하였다. 배관의 직경을 60.5mm로 늘리고 펌프를 교체하여 5분 만에 2.5m<sup>3</sup>의 염수를 주입하고 배출할 수 있었다. 이때 염수중력배출 시 배춧잎이 배출구를 막는 현상이 일어나서 바닥입구에 다공성 보호캡을 부착하여 해결하였다. 그리고 배추절임시간을 1회 60분으로 하는 것이 4개 절임조의 연속성을 유지하는데 효율적이므로 총절임시간을 60분으로하고 염수를 5분 주입, 50분 접촉절임, 5분 배출에 맞도록 기계장치를 설계하여 제작하였다.

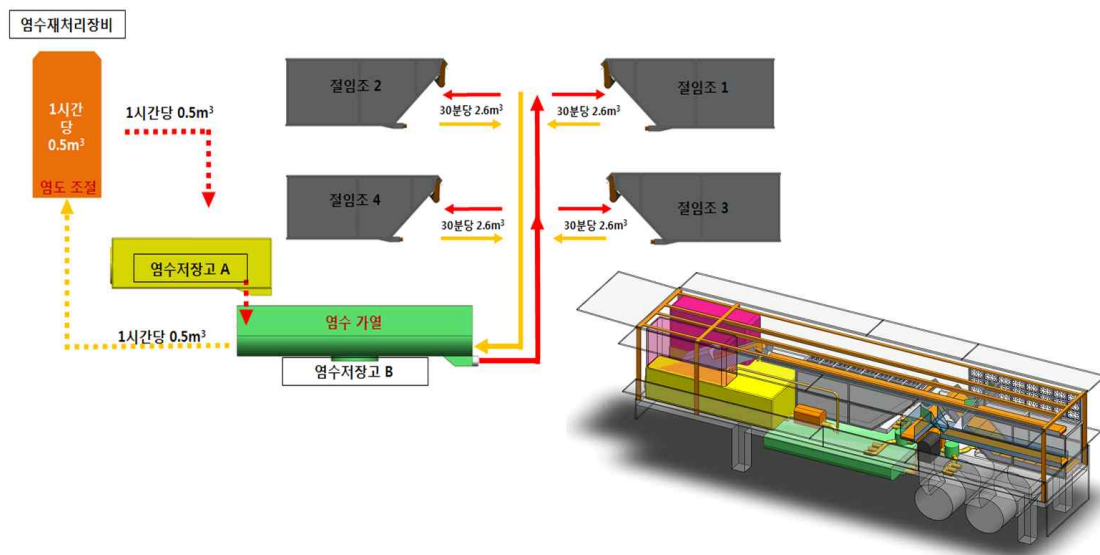


그림 5. 염수순환식 배추연속절임 방식

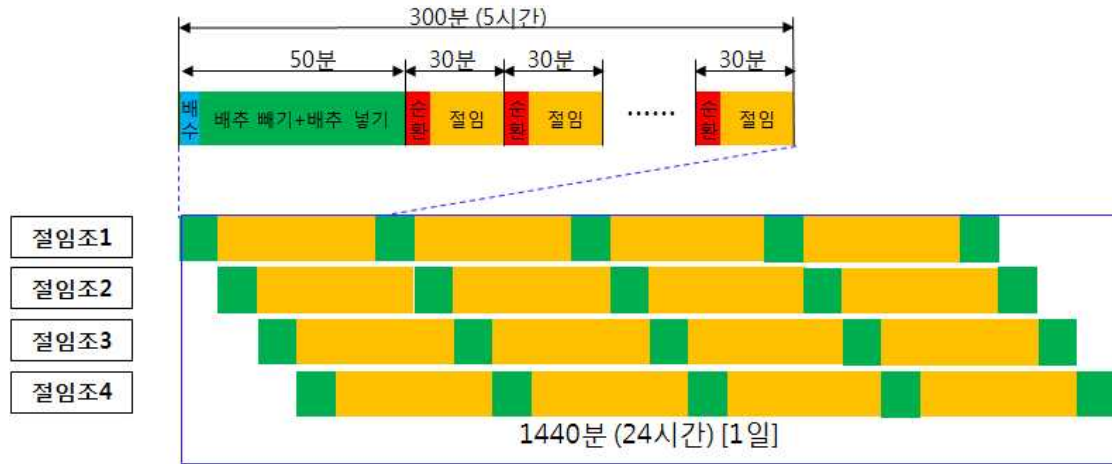


그림 6. 염수순환방식의 4개 절임조 연속절임시스템 개념도

### (3) 배추 투입장치의 설계 및 제작

배추의 투입부분을 다듬은 배추를 투입호퍼에 쏟고 2쪽으로 쪼갠 다음 배추절임조에 투입하는 공정이다. 이 공정은 호퍼에 쏟는 작업, 쪼개는 작업, 절임조에 투입하는 작업의 3개 작업으로 이루어지며 각각을 1인이 작업할 수 있도록 호퍼, 2절 경사컨베이어 및 수평컨베이어와 유도장치로 구성하였다.

경사컨베이어와 수평컨베이어가 일체식인지 분리식인지에 따라서 절단배추 이송방식을 나눌 수 있다.

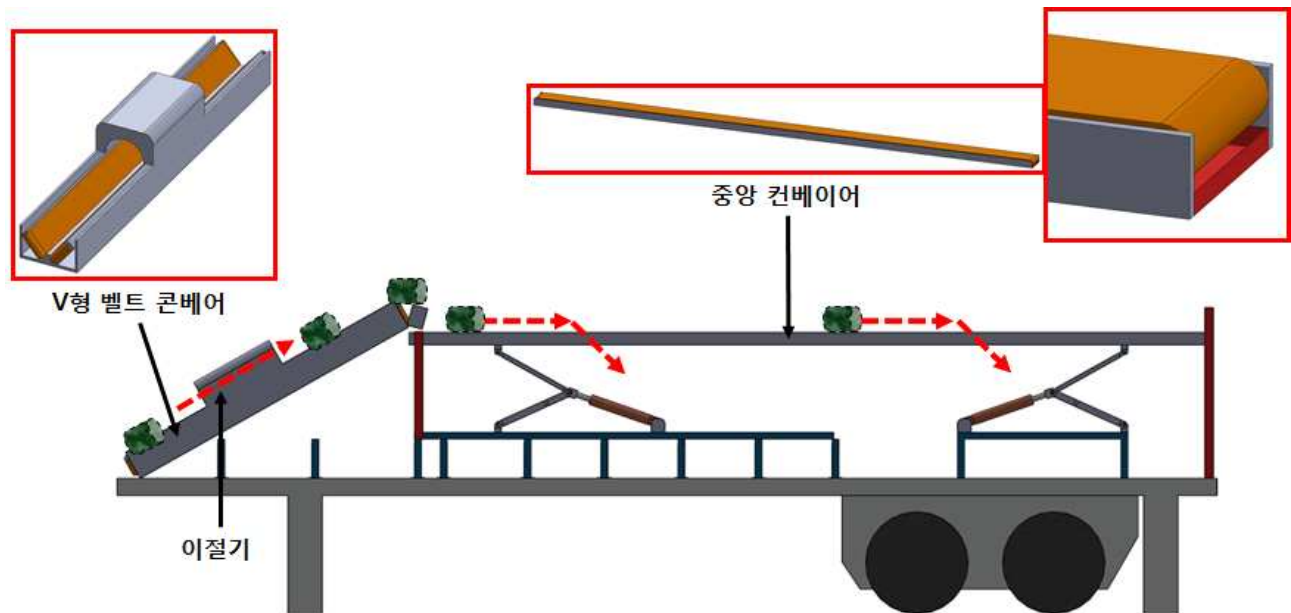


그림 7. 배추 투입장치 및 이송 컨베이어 개념도

#### (가) 경사컨베이어와 수평컨베이어 분리식

경사컨베이어와 수평컨베이어가 분리된 경우는 따로 경사컨베이어가 필요 없고 이절기가 경사컨베이어 역할을 하면서 배추를 이절시키면서 상부로 이송시키고 이절된 배추는 수평컨베이



어로 절입조로 이송된다. 본 연구에서는 이절기를 30° 경사로 설치하여 수평컨베이어와 분리된 방식으로 설치하였다. 배추 쪼개기 기능이 일체화된 것이 특징이다.

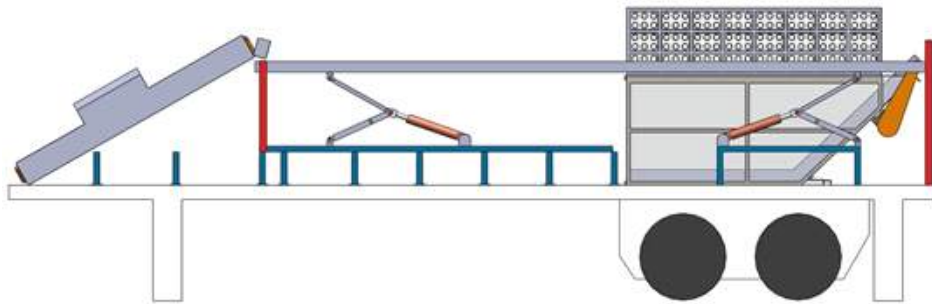


그림 8. 경사컨베이어와 수평컨베이어 분리식 모형도



그림 9. 경사컨베이어와 수평컨베이어 분리식

(나) 경사컨베이어와 수평컨베이어 일체식

일체식은 이절기를 트레일러 밖에 따로 설치하고, 이절된 배추를 경사컨베이어와 수평컨베이어가 일체화 되어 있는 컨베이어로 보내 배추를 이송하는 방식으로 기계적으로 구현하기 어렵고, 이절기가 트레일러 외부에 있어서 이동시 불편하다.

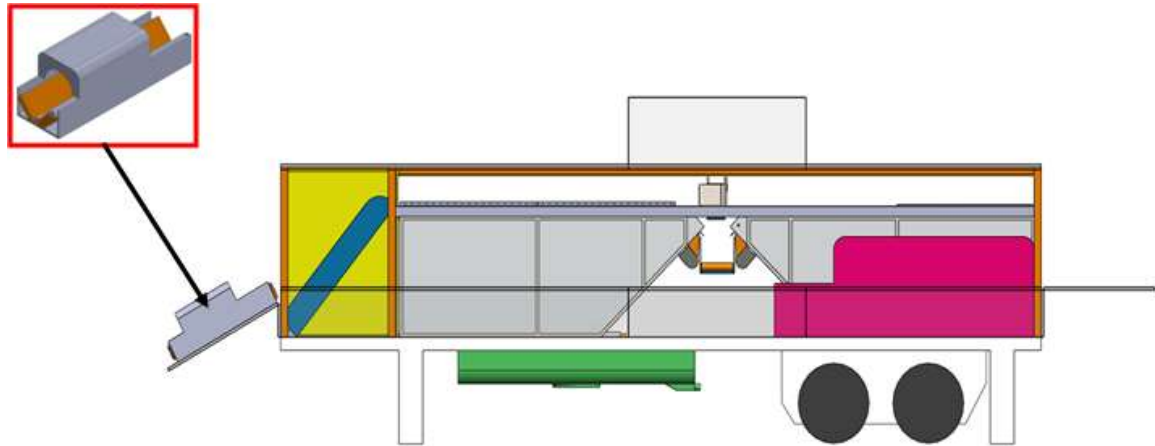


그림 10. 경사컨베이어와 수평컨베이어 일체식 모형도

#### (4) 배추 2절기와 경사컨베이어의 설계 및 제작

배추 이송용 중앙 컨베이어는 고분자(polymer) 재질의 벨트로서 배추를 이송시키는 역할을 하며 절임조로 배추를 전달한다. 배추를 깊은 절임조에 넣기 위해서는 높이가 있는 컨베이어 상에서 절임조로 투하시켜야 한다. 따라서 경사가 있는 컨베이어가 필요하고 경사를 따라 올라간 배추는 수평컨베이어로 이송되어야 한다.

통배추는 여러 겹으로 내부가 감싸져 있기 때문에 내부에 소금용액의 침투가 어려워 적어도 2분절하여 절이게 된다. 배추의 크기가 다양한 면도 있으나, 하루에 수십톤씩 처리하는 김치 공장에서 다량으로 이송되어 오는 통배추의 중앙부를 정확하게 2분하는 것은 상당한 시간과 노력이 소모되므로 정밀한 배추쪼개기 기계장치가 필요하다.

##### (가) 이절식

이러한 문제를 해결하기 위하여 중앙이나 후방에 연속하여 회전하는 원반형칼날을 설치하고 하부에는 V형 컨베이어 벨트를 설치하여 컨베이어를 타고 통배추가 이동하면서 2쪽으로 나누어주는 장치가 사용되고 있다. 이 때 배추가 미끄러지지 않도록 벨트표면은 요철식으로 되어야 하고 벨트장력을 조절할 수 있어야 한다.

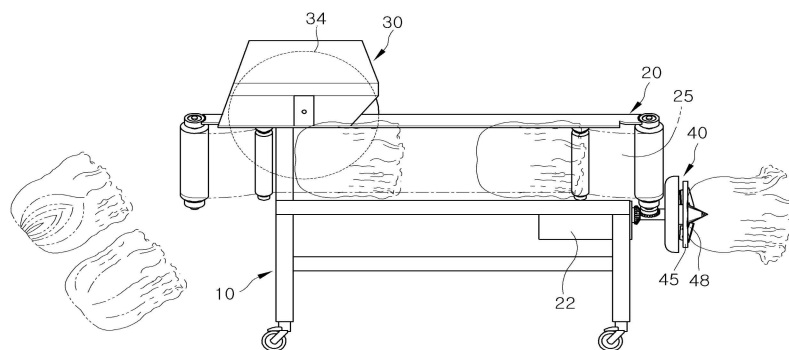


그림 11. 배추이절기의 절단 방식

(나) 이절과 칼집내기식

배추 이절식 장치의 가장 큰 단점은 배추가 정확하게 중앙에서 2분되기 위하여 작업자가 이동하는 컨베이어를 따라 배추를 잡아주어야 하는 것이다. 이러한 작업은 작업자가 항상 이 장치에 고정 배치되어야 하며, 배추의 크기가 작은 경우 중앙을 정확하게 자르지 못하고 약간씩 벗어난 상태로 쪼개지는 경우가 많다. 결국 정확한 절단을 위하여 어느 정도 숙련된 작업자가 배치되어야 하며, 대량 처리 중에 위험한 칼날에 의하여 안전사고도 발생하고 있다. 이러한 배추 2절의 문제점 외에도 배추의 내부까지 염수가 침투하여 절임이 배추외부와 내부까지 균일하게 이루어지기 위한 수단으로 절단된 배추의 하부에 칼집을 내고 있다. 본 연구에서도 배추가 이절칼날로 들어가기 전에 양쪽에서 칼집을 내주는 장치를 설치하고 시험하였다. 그러나 칼집내는 칼날에 배추가 흔들려 중심이 어긋나므로 정확하게 2쪽으로 쪼개지지 않아서 칼집내기 장치는 설치하지 않기로 하였다. 이 장치는 수평설치에는 가능하나 경사설치에는 부적합하였다.

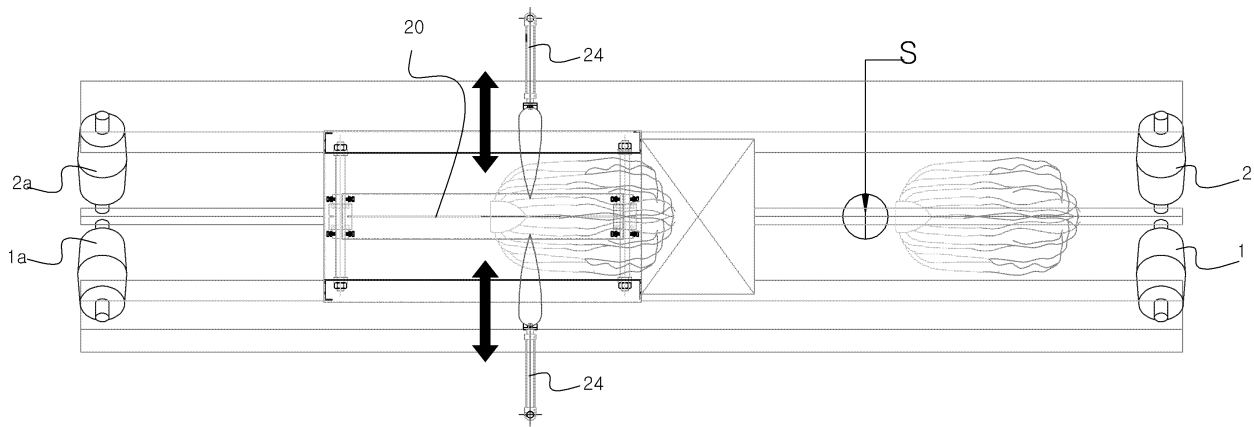


그림 12. 이절과 칼집내기식 배추절단 방식



그림 13. 이절기와 칼집내기식으로 배추를 절단하는 시험

### (5) 2절배추 투입장치와 수평컨베이어의 설계 및 제작

쫄갠배추를 수평 컨베이어로 이동시켜 투입유도장치를 통해 절임조 안으로 떨어뜨려 적층시키는 방식에 관한 연구이다. 투입유도장치는 모터를 이용하여 작동하며, 작업자에 의해 조절할 수 있다. 빈 절임조에 절단배추를 처음 투입할 때 수평컨베이어와 절임조 간의 높이 차이가 1,500mm로 커서 절단배추가 떨어지면서 바닥에 충돌하여 배추의 손상이 우려되었다.

#### (가) 수평컨베이어에 유도장치 설치 방식

수평컨베이어는 공간이 협소하여 폭을 400mm로 하였으나 2쪽의 배추가 평행하게 이동하기에는 너무 좁았다. 특히 경사컨베이어에서 수평컨베이어로 떨어지는 지점에서 이탈되는 현상이 발생하므로 측면가이드를 추가로 설치하였다.

투입유도장치를 설치하여 절임조에 절단배추가 투입되도록 하였다. 유도장치만 설치할 경우 수평컨베이어와 절임조 사이의 틈으로 절단배추가 떨어져 절임조로 투입이 안되는 경우가 발생하므로 수평컨베이어 측면에 하향경사판을 100mm폭으로 설치하는 것이 필요하다. 유도장치는 높이가 250mm가 되어야 큰 배추도 걸리지 않는다. 또한 유도판과 컨베이어 벨트 사이에 배춧잎이 끼지 않도록 정밀한 설계가 필요하다.



그림 14. 유도장치를 통한 절단배추의 절임조 내 투입

#### (나) 수평컨베이어에 유도장치와 안내슈트 설치 방식

유도장치를 설치하여 절임조에 절단배추가 투입되도록 하였고, 안내슈트(받침 날개)는 대각선으로 기울어져 있어서 절임조 밖으로 배추가 떨어지는 것을 방지하고, 배추가 관성과 중력에 의해 낙하할 수 있게 설계하였으나, 시뮬레이션 결과 배추절임조 덮개와 충돌이 일어나서 설치

하지 않았다. 대신 유도장치의 위치를 약간씩 이동시키면서 배추를 투입하면 배추를 고르게 쌓을 수 있었다.

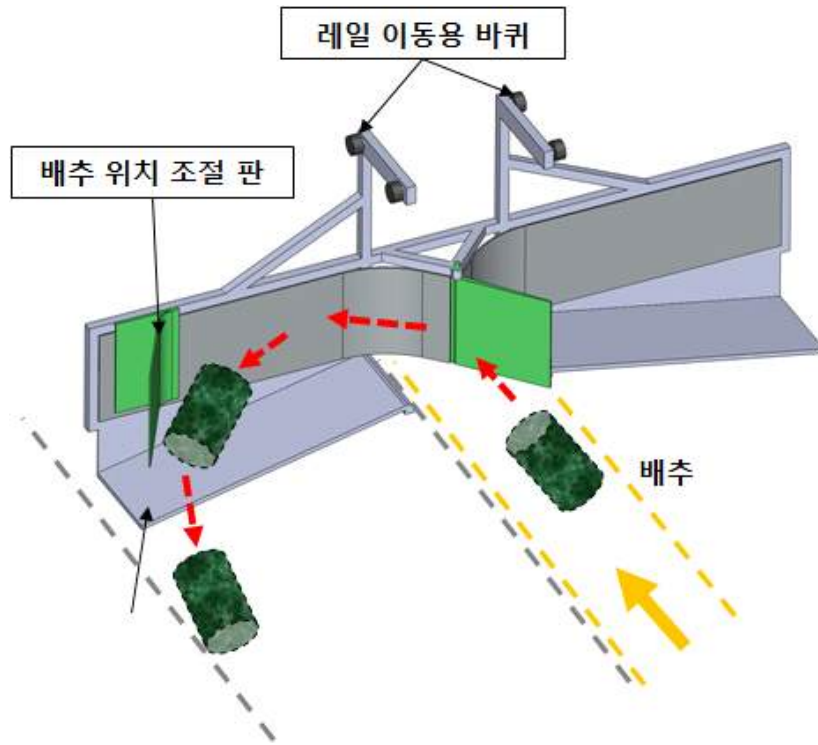


그림 15. 수평컨베이어에 유도장치와 안내슈트 설치 방식의 모형도

#### (6) 배추절임조의 설계 및 제작

배추 절임조의 용량과 수량은 배추를 4시간 안에 연속으로 절이는 기술을 적용하여 생산량을 최대한 늘리기 위한 연구를 하였으며, 생배추 2.0톤을 쌓고 염수 2.5톤을 주입하여 4시간을 절이면 절임배추 1.6톤을 생산할 수 있도록 하였다. 그리고 절임조 4개를 1시간 간격으로 작동시켜 절임배추가 연속적으로 생산될 수 있도록 배추의 투입시간과 절임배추의 배출시간이 1시간에 완료되도록 설계하였다. 따라서 절임조는 4.7톤의 용량으로 제작되었으며, 염수순환식 구조를 활용하면 4개의 절임조에서 배추를 연속적으로 절일 수 있으므로, 1대의 평트레일러에 4개의 절임조로 구성하였다. 절임조는 깊이가 1,510mm로 깊고 길이가 4,000mm로 길어서 염수를 채우면 절임조의 배가 나오므로(팽창하므로) 변형을 방지하기 위하여 스텐레스 강판을 절곡하여 강도를 높이는 방식으로 제작하였고 중간에 변형방지빔을 설치하였다. 이 때 빔의 위치는 절임배추 밀기장치가 걸리지 않도록 절임조의 중앙 하부의 800mm 높이에 설치하였다. 그리고 염수의 배출이 용이하도록 바닥을 약간 경사지게 설치하였고 청소가 가능하도록 외부로 배출하는 드레인 밸브를 설치하였다. 상부덮개는 배추의 부력에 견디도록 강도를 갖추면서도 작업자 1인이 조작할 수 있도록 경량화 하였다. 즉 각형파이프로 접이식으로 하고 길이를 2,000mm씩 잘라서 2개로 설계 제작하였다. 또한 절임조 상단부에 염수의 수위를 감지할 수 있는 level sensor를 설치하여 염수를 자동으로 주입하고 배출할 수 있도록 하였다.

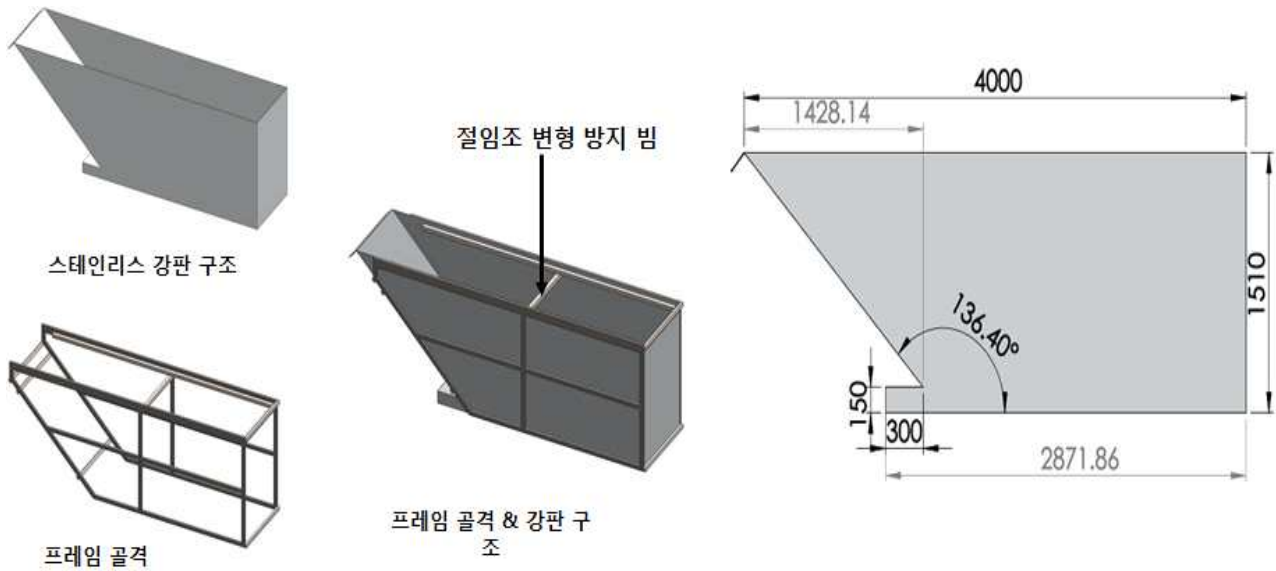


그림 16. 배추절임조의 구성 및 설계도면



그림 17. 시험제작한 4.7톤 규모의 배추절임조

#### (7) 염수 주입과 배출 장치의 설계 및 제작

염수순환을 원활하게 하여 절임배추의 생산성과 품질을 높이기 위해 염수조에서 절임조로 염수가 주입되는 방식과 절임조에서 염수회수조로 배출되는 방식을 연구하였다.

### (가) 펌프주입식

펌프를 통하여 염수조에 있는 염수를 끌어올리고 관을 통하여 절임조에 염수를 주입하는 방식으로, 관의 굵기, 길이, 구부러짐과 모터의 크기, 모터 설치 위치에 따라 주입되는 시간이 달라질 수 있다. 또한 관의 주입구가 절임조의 아래, 중간, 위에 위치함에 따라서도 염수주입시간이 변화할 수 있다. 본 연구에서는 관의 직경을 60.5mm로 하고, 모터용량은 분당 1m<sup>3</sup>(1LB)로 하여 염수회수조의 상부와 절임조의 하부 트레일러 바닥에 설치하였다. 펌프는 불편하지 않도록 회수조의 앞부분 하부에 설치하였으나 트레일러의 회전 시 트랙터와 충돌이 일어나서 다시 트레일러 바닥에 설치하였는데 처음 염수 흡입 시 마중물을 부어야 하는 번거로움이 있다. 절임조에서 관의 주입구 위치는 경사면 상부로 하여 수압의 증가를 해결하고 물방울이 튀는 것을 해결하였으나 거품이 많이 발생하였다.

### (나) 중력배출식

절임조에 있는 염수를 염수회수조로 보낼 때는 중력을 이용하여 염수가 자동으로 배출되는 원리를 이용하였다. 이때도 주입하는 것과 마찬가지로 관의 굵기, 길이에 따라 배출되는 속도가 달라질 수 있다. 그러나 염수가 절임조에 가득 차 있을 때는 작용하는 압력이 커 배출되는 속도가 빠르지만 염수가 많이 빠지고 난 후에는 압력이 줄어들어 배출되는 속도가 현저히 느려질 수 있다. 본 연구에서 1차 시운전을 통하여 배출시간을 측정한 결과 15분이 걸렸지만, 관의 직경을 69.1mm로 확대 개선하여 5분 이내로 배출시간을 줄였다. 배출관은 SUS 304로 절임조 하단에 용접하고 트레일러 바닥에 고정하였다.



그림 18. 중력배출식 염수 배출 시험



그림 19. 염수 주입과 배출 자동화 제어시스템

## (8) 절임배추 건짐컨베이어 및 밀기장치의 설계 및 제작

절임조에서 절여진 배추를 이송 컨베이어로 배출시키기 위한 연구로서 경사컨베이어식, 밀기장치식, 혼합식으로 나뉜다.

### (가) 경사컨베이어식

절여진 배추를 이송하기 위한 장치로서 와이어를 엮어 만든 스테인레스 메쉬 콘베이어로 구성된다. 모터와 체인으로 구동력을 전달하며 미끄럼 방지턱을 설치해 배추가 경사에서 미끄러지지 않게 하였다. 절임조의 염수를 배출시킴과 동시에 경사컨베이어를 구동시킨다. 경사컨베이어 만으로 절임배추를 배출시키기 때문에 컨베이어에서 멀리 있는 절임배추를 건지기 어렵고 절임조 하부의 컨베이어 때문에 절임조 바닥을 청소하기 어렵다.

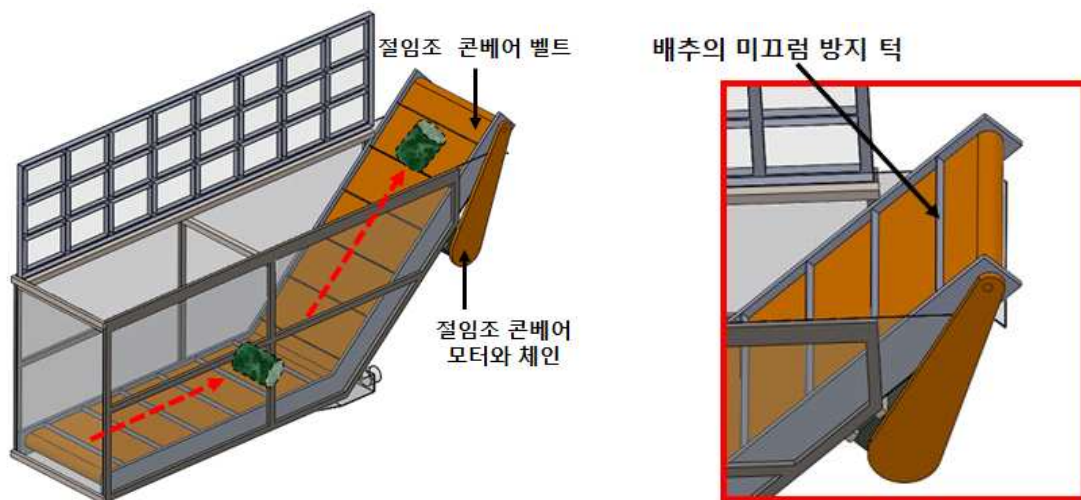


그림 20. 경사컨베이어 배출 방식의 모형도

### (나) 절임배추 밀기장치식

절임조 내에 수직 설치된 강판을 앞뒤로 움직일 수 있게 웜기어형 나사장치를 절임조 양옆에 설치하였다. 염수를 배출시키지 않고 염수에 띄워져 있는 절임배추를 이 수직강판을 이용하여 절임조 경사컨베이어 쪽으로 밀어서 절임배추를 이송하여 자동배출 하는 방식이다.

### (다) 혼합식

경사컨베이어식의 청소문제와 절임배추 밀기장치식의 단점을 해결하기 위하여 경사컨베이어를 배추절임조의 경사부분 상부에만 설치하여 바닥청소를 용이하게 하면서 밀기장치를 설치하여 작업자 1인이 30분만에 절임배추를 배출할 수 있도록 하였다. 이 때 배추가 절여지면 서로 엉켜서 떨어지지 않으므로 작업자가 흔들어서 엉킴을 풀어주어야 배출이 가능하였다.



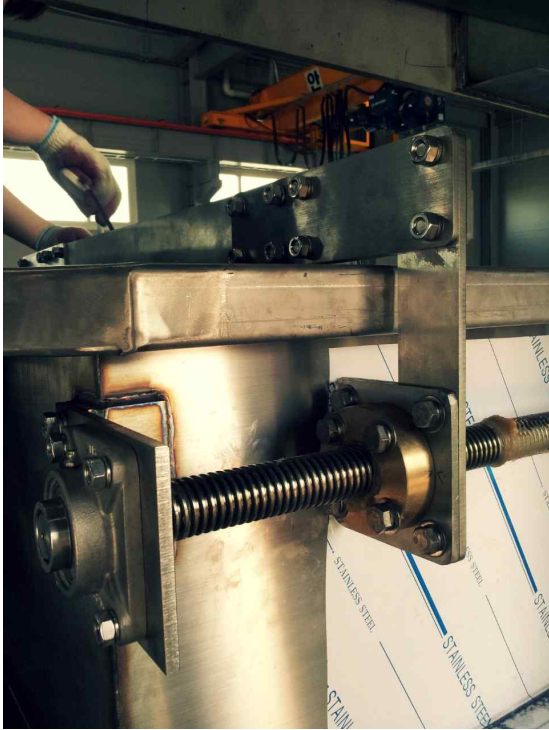


그림 21. 절임배추 밀기장치 옆모습



그림 22. 절임배추 밀기장치의 내부



그림 23. 절임배추 밀기장치 구동시스템



그림 24. 절임배추 밀기장치 시운전

### (9) 절임배추 이송컨베이어의 설계 및 제작

절임배추를 생산해 내면 절임트레일러에서 세척트레일러로 옮기게 된다. 이때 생산된 절임배추를 세척트레일러로 옮기는 방식에 따라 직교방식과 평행방식으로 나뉘게 된다. 절임배추의 배출이 절임염수가 다량 묻어서 나오므로 이송 시에 바닥으로 흐르게 된다. 이것을 방지하려면 이송컨베이어 하단에 염수받이를 설치하거나 물받이 겸용 특수플라스틱 컨베이어를 사용해야 한다.



그림 25. 절임배추의 배출과 용기담기

#### (가) 직교방식 설치

최종적으로 절임배추를 이송하는 컨베이어를 배추 공급컨베이어와 평행이 되게, 즉 트레일러 상부 공급컨베이어의 하부에 종으로 설치하여 절임배추가 나오는 부분을 절임 트레일러 후미에 설치하여 절임 트레일러와 직각으로 설치된 세척 트레일러에 절임배추를 이송하는 방식으로 트레일러 설치 바닥면적이 넓어야 한다.

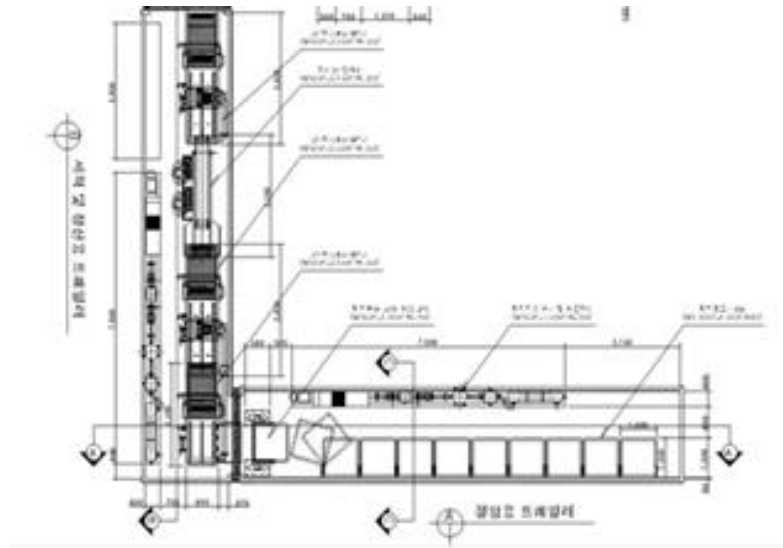


그림 26. 절임트레일러와 세척트레일러의 직교 방식 설치 설계도면

(나) 평행방식 설치

이동식 자동배추절입장치의 배추공급컨베이어 하부에 절임배추 이송컨베이어를 직교되게 설치하여 절임트레일러의 옆에서 세척트레일러로 절임배추가 이송된다. 절임트레일러 중앙하부에 절임배추 회수컨베이어가 위치해 세척 트레일러를 절임 트레일러와 평행하게 세우고 절임배추를 이동시킨다.

나. 배추연속절입 자동화장비의 생산현장적용 공정기술 개발

(1) 배추 연속절입장비의 1차 현장 시운전

(가) 시운전 개요

시운전은 배추 연속절입장비를 절임조 1개, 염수회수조, 배추이절기, 경사컨베이어, 수평컨베이어, 염수펌프, 공급배관, 회수배관을 설치하고 경기 화성 제작현장에서 2013년 5월에 1차 시운전하였다. 시운전 결과 배추의 쪼개기 수평이동, 절임조 투입, 염수순환속도, 절임소요시간, 염수염도변화, 절임배추 염도변화를 조사할 수 있었다.

배추 3ton, 소금 2ton을 구입하여 30%(w/v)염수 6톤을 제조하고자 하였다. 1차로 배추 600포기를 이절하여 절임조에 넣고 시운전하였으나 염수의 염도가 10%에 그쳐 시운전이 원활하지 않았다. 이유는 회수조 바닥에 blower를 설치하고 소금을 녹이는 방식에서 소금을 한꺼번에 너무 많이 투입하여 바닥에 소금이 늘어 붙어 용해가 되지 않았기 때문이다. 소금을 다 걷어내고 25% 염수 5ton을 준비하여 다시 실시하였다. 배추를 500포기 이절하여 절임조에 이송하고 회수조에 있는 25%염수를 회수조 앞에 설치한 펌프를 이용하여 주입시켰다. 덮개를 덮어 배추가 떠오르는 것을 막고 절임을 시작하였다. 총 절임시간은 4시간으로, 50분 간격으로 절임조의 염수를 회수조로 배출시키고 다시 절임조로 유입시키는 작업을 총 5차례 실시하였다. 각 염수순환 횟수마다 염수와 절임배추를 채취하여 염도를 측정하여 염수의 농도와 배추의 절임정도

를 파악하였다.

절임이 끝난 후에는 경사컨베이어와 밀기장치를 작동시켜 절임배추를 경사컨베이어 쪽으로 이송하였다. 이때 절임배추를 경사컨베이어까지 이송시키는 시간은 13분이었고 염수를 주입하여 절임배추가 뜨게 하는 것이 중요하였다. 배추를 절임조에 가득담아서 절이면 절임배추가 절임조 지지빔에 걸려서 밀리지 않으므로 빔의 위치를 바닥에서 800mm 높이로 더 낮추어서 제작하였다. 경사컨베이어에 건져진 절임배추를 임시로 ㄷ자 스테인레스 판을 설치하고 경사컨베이어에서 낙하하는 절임배추를 받아 세척통에 모았다.



그림 27. 1차 시운전을 위한 배추와 소금의 준비(2013. 8)



그림 28. 배추의 이절 시험



그림 29. 배추를 절임조에 넣고 덮개를 잠근 후 염수 주입 시험



그림 30. 절임배추의 밀기장치 운전 시험



그림 31. 절임배추의 건짐과 배출



그림 32. 절임배추 밀기장치 시험운전

#### (나) 1차 시운전 결과

절임 시 사용되는 염수를 절이기 전, 염수순환 횟수에 따라 배출·주입되는 염수의 염도를 측정하였다. 염수를 순환시키는 시점에서 절임배추를 채취하여 절임배추의 절임정도를 파악하기 위해 염도를 측정하였다.

절임배추의 염도는 염수 1차 순환시 0.6%, 2차 순환시 1.0%, 3차 순환시 1.7%, 4차 순환시 1.8%, 5차 순환시 2.1%로 높아졌다. 절임 50분 간격으로 5번 염수를 순환시켜 총 4시간 절인 최종 결과 2.1%로 김치용 절임배추의 염도로서 적절하였다. 절임염수의 농도는 초기 26.8%에서 염수를 순환시키면서 25.2%, 24.7%, 23.8%, 24.4%, 21.5%로 점차 낮아졌고, 주입한 염수의 농도는 각각 23.5%, 23.4%, 24.6%, 22.6%로 점차 낮아졌다. 염수의 온도는 25℃로 가열하지 않았다.

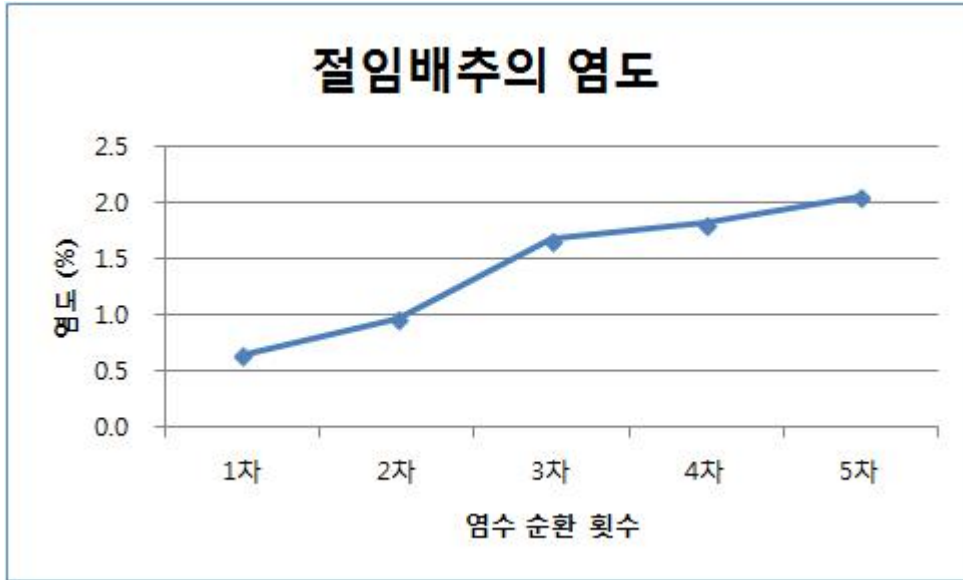


그림 33. 이동식 절임장치로 생산한 절임배추의 염도 변화

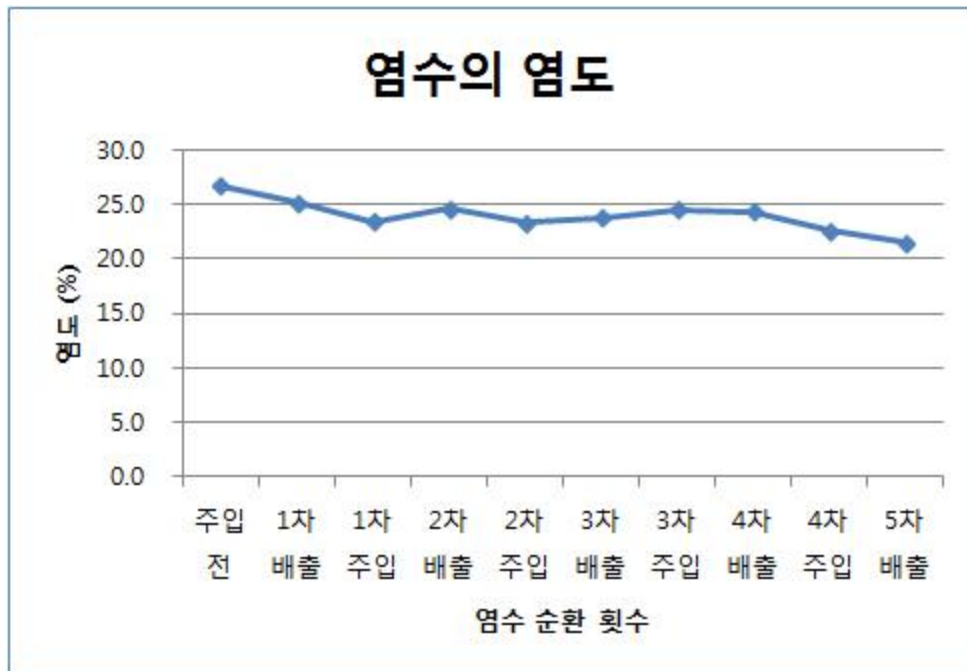


그림 34. 이동식 배추절임시험에 사용한 염수의 염도 변화

(다) 1차 시운전의 문제점 및 개선사항

포화염수(30%w/v)를 사용하여 배추절임을 실시할 계획이었으나 소금을 한꺼번에 붓고 용해하기가 어려웠다. 추가로 25% 염수를 제조할 때도 blower만으로는 오랜 시간이 걸려 따로 추가 장비를 부착하여 본 실험에 사용하였다. 소금 용해를 간편하고 시간을 절약할 수 있도록 개선이 필요하였다.

염수를 절임조에 채주입할 때 거품이 많이 생겨 2차분을 제작할 때는 주입구를 절임조 중간 높이에 설치할 계획이다. 또한 절임조 지지빔을 더 낮추기 위하여 절임조의 절곡회수를 증가시



켜 상부의 배부름을 방지해야 한다. 그리고 배추투입 유도장치가 절임조 후단끝까지 설치해야 배추를 절임조에 고르게 펼 수 있다.



그림 35. 소금용해를 위한 추가 장비 투입



그림 36. 염수 주입 시 거품의 발생 현상

### (라) 보완 계획

시운전결과를 바탕으로 배추절입조를 개선하여 나머지 3개를 설치하고 4개의 절입조를 연속적으로 가동하여 1일 20톤 이상의 절입배추를 생산하도록 보완할 예정이다.

#### ① 배추절입조에 절단배추 투입 자동화 공정기술 개발

중앙 컨베이어로 이동하는 절단 배추를 유도장치를 통해 절입조 안으로 떨어뜨려 적층시키는 방식을 채택하였다. 중앙 컨베이어에는 유도장치를 설치하여 절입조에 절단배추가 투입되도록 하였다. 유도장치만 설치할 경우 수평컨베이어와 절입조 사이의 틈으로 절단배추가 떨어져 절입조로 투입이 안 되는 경우가 발생하였으므로 안내날개를 컨베이어 지지판에 경사지게 설치하였다. 안내슈트(받침 날개)는 대각선으로 기울어져 있어서 절입조 밖으로 배추가 떨어지는 것을 방지하고, 배추가 관성과 중력에 의해 낙하할 수 있게 설계하였으나 절입조의 덮개와 충돌이 일어나서 제거하였고 유도장치의 레일도 컨베이어 바닥에 설치하고 철선으로 유도하며 이동시켰다.



그림37. 절단배추 유도장치 및 안내날개

#### ② 배추절입조에 염수 주입 및 배출 자동화 공정기술 개발

배추절입조에 염수순환을 원활하게 하여 절입배추의 생산성과 품질을 높이기 위해 염수조에서 절입조로 염수가 주입되는 방식과 절입조에서 염수회수조로 배출되는 방식을 채택하여 제작하였다. 절입조에 염수를 주입하는 방식은 펌프주입식을 사용하였고, 배출은 중력배출식을 사용하여 효율을 높였다. 펌프주입식은 펌프를 통하여 염수조에 있는 염수를 끌어올리고 관을 통하여 절입조에 주입하는 방식으로 결정하고 제작하였다. 1차 시운전 결과 염수의 주입과 배출에 각각 15분씩 소요되었으므로 관의 직경을 주입관은 내경 60.5mm, 배출관은 내경 69.1mm로 확대하여 주입시간과 배출시간을 각각 5분 이내로 단축하였다. 또한 배출은 중력배출식으로

절임조에 있는 염수를 염수회수조로 보낼 때는 중력을 이용하여 염수가 자동으로 배출되는 원리를 이용하였다. 이때도 주입하는 것과 마찬가지로 관의 굵기에 따라 배출되는 속도가 달라서 1차 시운전을 통하여 배출시간을 측정한 결과 13분이 걸렸지만, 관의 직경을 확대 개선하여 5분 이내로 배출시간을 줄였다.



그림 38. 유도장치 및 안내날개에 따라 투입되는 절단배추

### ③ 절임배추 배출 자동화 공정기술 개발

절임조에서 절여진 배추를 이송 컨베이어로 배출시키기 위한 연구로서 경사컨베이어와 밀기 장치를 혼합식으로 설치하는 것이 절임배추 생산 및 이동식 트레이일러에 가장 적합하였다. 1차 시운전에서 경사컨베이어로 올려진 절임배추가 굴러 내리는 문제가 발생하여 경사컨베이어의 미끄럼 방지턱을 30mm로 높이고 톱니모양으로 하여 미끄러짐을 방지하였다.

### ④ 소금용해조의 개발

염수회수조에서 blowing 방식으로는 소금용해가 불완전하므로 별도의 소금용해조를 트레이일러 중앙부에 설치하였다.

### ⑤ 염수가열장치

염수가열장치는 염수회수조의 바닥쪽(아래쪽) 측면에 4개씩 8개를 설치하여 전체가 가열되도록 하였고, 재처리 염수조에도 각각 3개씩 6개를 바닥쪽에 설치하여 균일하게 가열되도록 하였다.

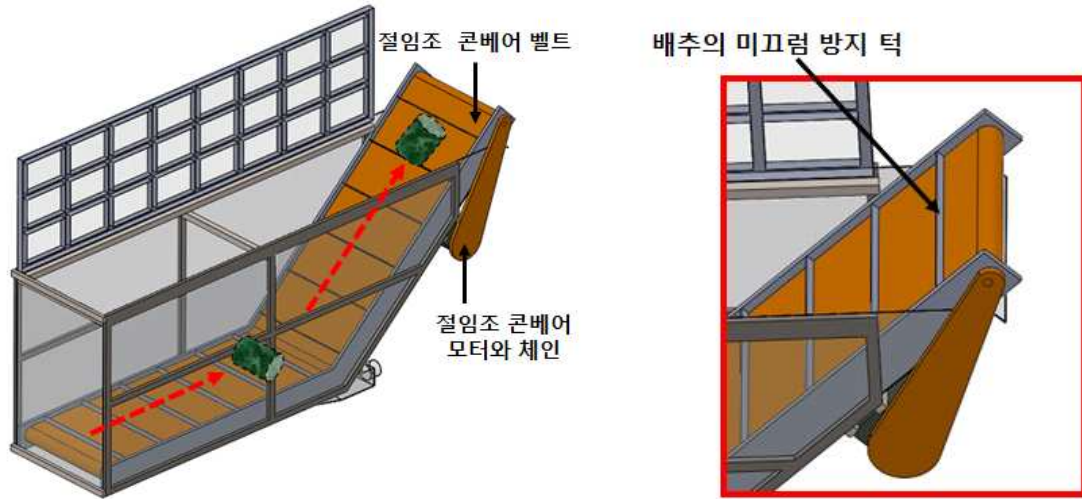


그림 39. 경사컨베이어 방식의 모형도 설계



그림 40. 절임배추 배출 경사컨베이어 제작

(2) 배추 연속절임장비의 2차 시운전

(가) 시운전 개요

1차 시운전 결과에서 도출된 문제점의 개선방안을 연구하여 배추절임조 3개를 추가하여 모두 4개를 설치하고 배관을 연결하고 컨트롤 패널을 설치하여 절임장비 본체를 완성하였다. 그리고 염수가열장치를 회수조 바닥과 재처리염수 저장조 바닥에 설치하였다. 가열장치는 석영관을 씌운 전기가열식으로 염수조 바닥에 설치하여 대류에 의해 전체염수가 가열되도록 하였다. 완성된 본체의 시스템작동 여부를 시험하기 위하여 2013년 12월 초에 2차 시운전을 하였다. 염

수는 1차 시운전에 사용한 것을 재처리하고 염도를 30%(w/v)로 높여서 사용하였고, 배추는 가락시장에서 구입하여 사용하였다.

#### (나) 시운전 결과

시운전 결과 전체시스템이 순차적으로 작동하는 것을 확인하였으므로 야외에서 운전이 가능하도록 외부 보호시설을 설계하고 설치하였다. 외부 보호시설은 왕바디 방식으로 하여 설치와 개폐가 용이하도록 하고자 하였으나 연구비의 제약으로 천막식으로 설계하였다. 작업자의 통로를 확보하기 위하여 절임조 바깥쪽에 폭 800mm의 스텐레스 발판을 접이식으로 14개를 트레일러 양측에 7개씩 설치하였고 접이식 알미늄 사다리 4개를 이용하여 외부와 연결하였다. 그러나 작업자가 땅바닥에 내려가지 않도록 뒷면까지 ㄷ자로 발판을 연결하는 것이 바람직하다. 외장 천막은 짙은 회색으로 하였고 천막지지대는 사각 스텐파이프 16개를 구브려서 트레일러 본체 양측면에 고정하고 같은 모양의 이동식 지지대를 같은 갯수로 설치하여 정치시에는 퍼서 통로를 확보하고 이동시에는 접어서 도로를 주행할 수 있도록 설계 제작하였다.

### (3) 이동식 배추절임 자동화장비의 3차 시운전

#### (가) 개요

이동식 배추절임 자동화장비의 전체시스템을 제작현장에서 2차 시운전하고 외장천막을 설치하여 2014년 1월초에 해남 월동배추 산지로 이동하여 설치한 다음 2월 중순에 전체 연구진이 모여서 회의를 한 후 합동 시운전을 하였다. 참여기업인 해남배추(주)로 이동된 이동식 배추절임장비는 이동부 트랙터와 분리 후에 공장 후면 콘크리트 바닥에 정치시킨 후 2014년 2월 중순에 수확한 월동배추로 3차 시운전하여 자동화장비의 절임배추 생산 공정 조건을 최적화하였다. 염수는 정제염을 소금용해조에서 포화농도로 녹여서 추가하여 총10톤을 제조하고 가열하였다. 가열시 회수조에 격막이 설치되어 있어서 부분적으로 가열되고 전체가 균일하게 가열되지 않았다.

#### (나) 시운전 결과

배추절임 자동화장비의 가동순서는 배추절임조 A에 1.8톤의 배추가 2절되어 30분간 투입되었고 덮개를 덮어 고정시킨 후 30℃의 고농도염수(30%w/v)를 5분간 주입하여 채우고 50분간 침지하였다. 침지한 후 냉각되고 뭉어진 염수를 배출시키고 다시 30℃의 고농도염수(30%w/v)를 주입하면서 총 4회(4시간) 반복적으로 작동하였다. 절여진 배추는 건짐컨베이어와 배추밀기 장치를 이용하여 자동으로 배출하였으며, 절임조 1개에서 배추의 투입부터 절임배추의 배출까지 총 5시간이 소요되었다. 따라서 3차 시운전을 결과로 A, B, C, D의 절임조 4개를 1시간 간격으로 순차적으로 작동시켜 연속 가동 시 1일 24시간에 4반복이 가능하므로 4개의 절임조에서 총 28.8톤의 배추를 절여서 절임배추를 20톤(절임수율 70% 가정)을 생산할 수 있는 것을 확인하였다.

#### (다) 운영 매뉴얼 개발

3차 시운전 결과를 바탕으로 이동식 배추절임 자동화장비의 운전 매뉴얼을 다음과 같이 개발하였다.

표 1. 이동식 배추절임 자동화장비 배추 연속 자동절임 운영 매뉴얼

배추 연속 자동절임 작업구분	작업지침
1. 배추 다듬기	<p>가. 밭에서 다듬고 5포기씩 상자포장한 배추는 그대로 배추 호퍼에 쏟아서 투입한다.</p> <p>나. 저장한 배추는 쏟아서 겉잎과 뿌리를 제거하고 호퍼에 투입한다.</p>
2. 배추 쪼개기	<p>가. 배추는 밑동이 앞으로 향하게 하여 2절 컨베이어에 투입한다.</p> <p>나. 배추는 연속으로 투입한다.</p>
3. 배추 쌓기	<p>가. 절임조A에 염수를 반쯤 채운다.</p> <p>나. 배추유도장치를 절임조의 후단에 맞추고 쪼갠 배추를 절임조에 낙하시킨다.</p> <p>다. 배추가 높이 쌓이면 유도장치를 절임조의 중앙으로 이동하여 쌓는다.</p> <p>라. 염수를 회수조로 배출시키고 유도장치를 후단에 맞춰 배추를 가득 쌓는다.</p> <p>마. 유도장치를 중앙과 전단으로 이동시키며 배추를 가득 쌓는다.</p> <p>바. 절임조 덮개를 덮고 잠근다.</p> <p>사. 절임조 A에 염수를 주입하면서 절임조 B, C, D에 순차적으로 배추를 쌓는다.</p>
4. 배추 절임	<p>가. 가열한 고농도염수를 절임조A에 주입한다.</p> <p>나. 염수를 20분간 채운 다음 끓어지고 식은 염수를 회수조로 배출한다.</p> <p>다. 데워진 고농도 염수를 절임조에 다시 채운다.</p> <p>라. 염수를 50분간 채운 다음 끓어지고 식은 염수를 회수조로 배출한다.</p> <p>마. 데워진 고농도 염수를 절임조에 다시 채운다.</p> <p>바. 염수를 50분간 채운 다음 끓어지고 식은 염수를 회수조로 배출한다.</p> <p>사. 데워진 고농도 염수를 절임조에 다시 채운다.</p> <p>아. 염수를 50분간 채운 다음 끓어지고 식은 염수를 회수조로 배출한다.</p> <p>자. 데워진 고농도 재처리염수를 절임조에 다시 채워서 30분간 유지한다. 이 때 재처리염수는 일부 살균효과가 있다.</p>
5. 절임배추 꺼내기	<p>가. 절임배추 이송컨베이어를 세척조에 연결 설치한다(세척조를 세척트레이러에 탑재한 경우).</p> <p>나. 절임배추를 담은 대형용기를 바닥에 배열하고 절임배추 이</p>

	<p>송 컨베이어 끝에 위치시키다.</p> <p>다. 절임조A의 덮개를 열고 경사배출 컨베이어와 이송컨베이어를 작동시킨다.</p> <p>라. 영긴 절임배추를 흔들어서 풀어준다.</p> <p>마. 절임배추 밀기장치를 작동시켜 절임배추를 전단부로 민다.</p> <p>사. 절임배추를 모두 배출시키고 염수를 반쯤 배출한 다음 쪼갠 배추를 다시 쌓는다.</p>
6. 절임배추 운송	<p>가. 세척트레일러로 이송된 절임배추는 세척, 정선, 탈수, 냉각 및 포장하여 출하한다.(가정)</p> <p>나. 대형용기에 담겨진 절임배추는 지게차로 떼서 김치공장의 세척조로 운반한다.</p> <p>다. 김치공장이 원거리인 경우는 대형용기를 지게차로 트럭에 싣고 김치공장으로 운송한다.</p>

표 2. 이동식 배추절임 자동화장비 염수재사용 작업 운영 매뉴얼

염수재사용 작업 구분	작업지침
1. 염수제조	<p>가. 염수제조장치에 수도수를 채우고 소금을 부으며 푹기시켜 포화농도로 녹인다.</p> <p>나. 용해된 염수는 회수조로 모아 30℃로 가열한다.</p> <p>다. 회수조에 모아진 가열염수를 절임조로 순환하여 배추를 절인다.</p>
2. 염수이송	<p>가. 뭍어지고 오염된 염수를 회수조에서 펌프로 뽑아 올려 염수재처리장치의 바스켓필터로 이송한다.</p> <p>나. 바스켓필터에서 입자성 불순물을 제거한 염수를 전기화학반응조에서 정량 공급한다.</p>
3. 염수살균	<p>가. 전기화학반응조에 염수가 채워지면 전류를 공급하여 염소를 발생시킨다.</p> <p>나. 염소농도가 10-20 mg/L가 되도록 전류량을 자동조절하여 살균한다.</p>
4. 염수여과	<p>가. 살균된 염수를 활성탄 여과하여 잔류염소를 제거한다.(염소를 절임배추 살균용으로 사용가능성 검토예정)</p> <p>나. 살균염수를 미세 여과하여 활성탄을 제거하고 재처리염수 저장조에 저장한다</p>
5. 염수공급	<p>가. 저장된 재처리염수를 배추절임조의 최종 염수교환용(4번째 순환)으로 공급한다.</p> <p>나. 절임조에서 회수조로 배출된 염수를 다시 재처리장치로 뽑아 올려 시간당 2톤 규모로 연속 재처리한다.</p>



그림 41. 절단배추의 절임조 투입



그림 42. 절임조 덮개를 덮고 고농도염수 주입



그림 43. 묶어진 염수의 배출



그림 44. 절임배추 자동 배출과 용기담기

#### (4) 이동식 배추절임 자동화장비의 4차 시운전

##### (가) 개요

완성된 이동식 배추절임 자동화장비를 이용하여 생산한 절임배추의 품질을 평가하기 위하여 4차 시운전을 전남 해남의 해남배추(주)에서 실시하였다. 3차에 걸친 시운전에서 각 부분별 정상운행 및 배추를 연속적으로 절이는 기술에 대한 시험이 완료되었다. 따라서 완성된 이동식 배추절임장비의 최종점검 및 배추절임의 최적화를 위한 시운전을 2014년 4월 초에 전체 연구진의 합동으로 실행하였다. 2013년 해남산 월동배추를 해남배추(주)에서 2월부터 저온저장한 것을 불가식 부위를 제거한 후 2절하여 30℃의 고농도염수(29.6%w/v)를 주입하여 절였다. 절임은 3차 시운전과 마찬가지로 냉각되고 묶어진 염수를 배출하고 다시 30℃의 고농도염수(29.6%w/v)를 주입하면서 4시간만에 절임배추를 생산하였으며, 각 부분별 자동화장비의 정상작동을 최종 확인하였다. 생산된 절임배추는 해남배추(주)의 세척시설로 옮겨 세척 후 절임배



추의 품질을 평가하기 위하여 농협식품안전연구원과 세계김치연구소로 냉장운반하였고 이 때 대조구로 사용하기 위하여 해남배추(주) 공장에서 생산한 절임배추도 확보하여 함께 시험하였다. 또한 지난 2월 3차 시운전에 사용한 염수를 전기화학 반응시스템으로 재처리하며 재사용하였고 고등기술연구원에서 절임염수의 시료를 수집하여 품질을 평가하였다.

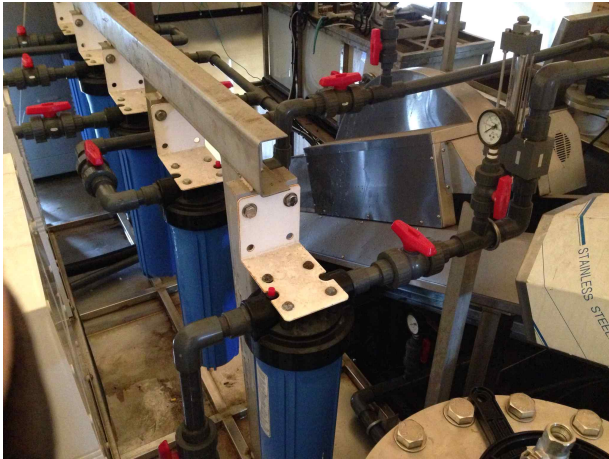


그림 45. 염수 재사용 장비 점검



그림 46. 배추자동절임장비 최종점검

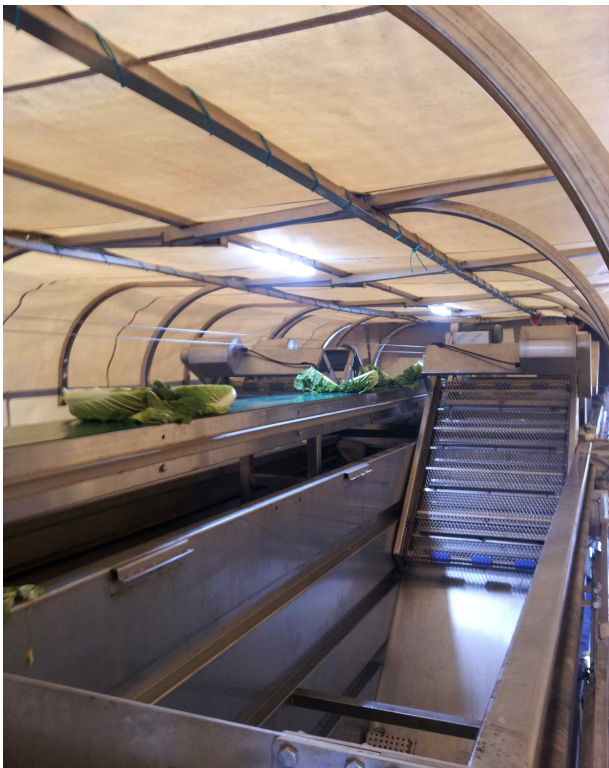


그림 47. 배추절임 준비 및 투입



그림 48. 고온고농도 염수순환 배추절임

(5) 이동식 배추절임장치로 생산한 절임배추의 품질평가

김치의 종주국을 자처하는 한국의 김치산업은 중국산 김치의 수입으로 어려움에 처해 있다. 한국산 김치는 품질에서는 중국산과 차별화가 어려운 반면 가격은 2~3배 비싸서 경쟁력이 낮기 때문이므로 이를 극복하기 위해서는 품질차별화 전략과 원가절감 노력이 필요하다. 김치제조업은 산업화 초기단계로 수작업에 의존하고 있어서 노무비의 비중이 제조원가의 20~30%로

식품산업의 평균인 7%보다 매우 높은 수준이다(1). 김치 제조과정 중 절임과 양념소넣기 공정의 기계화와 자동화로 노무비를 절감하여 김치산업을 고도화 하는 것이 필요하다. 특히 배추절임공정은 김치의 최종품질에 큰 영향을 줄 뿐 아니라 절임 시 넓은 공간, 많은 노동력, 오랜 시간이 소요되어 생산성 향상에 애로사항으로 남아 있다. 배추의 절임방법은 소금절임법에서 염수절임법으로 개선되었으나(2), 고농도 염수로 고온에서 단기간에 절여서 생산성을 향상하려는 노력은 답보상태이다. 그 이유는 절임시간을 절반으로 줄여도 하룻밤 동안 절이는 현재의 공장시스템에 적용하기가 어렵고, 고농도로 고온에서 단시간 절인 배추로 담근 김치는 품질이 낮을 것이라는 우려 때문이다.

배추를 단시간에 절이기 위해 감압 하에서 절이는 연구가 Jung 등(3)에 의해 시도되었고, 전통적 통배추김치의 제조 시 최적절임조건을 설정하려는 연구(4)가 있었으며, 배추의 절임방법이 김치의 맛과 숙성에 미치는 영향을 연구하여 16% 염수농도에서 3-5시간 절여 염도 2-3%가 되도록 절이는 것이 좋다고 하였다(5). 또한 배추를 고농도 염수로 고온에서 단시간 절인 것이 저농도 염수로 저온에서 장시간 절인 것보다 더 우수하다고 하였으나, 연구의 범위가 염수농도가 12%, 절임온도가 15℃, 절임시간이 10시간으로 좁은 범위에 한정되어 있었다(6). 그리고 염수농도를 15%로 높이고 절임온도를 25℃로 높여 절이는 시간을 7시간으로 단축하였으나 역시 제한된 범위 안에 머물러 있었다(7). 반면에 저염김치를 제조하기 위하여 저농도 염수로 저온에서 장시간 절이는 연구(8)가 있었으나 14℃에서 7%염수로 염도 2.2%에 도달하려면 절임시간이 5일 이상으로 길어서 실용성이 없었고, 저농도 염수로 감압하여 절이는 연구(3)는 절임시간을 4시간으로 단축하였으나 조직이 투명해지는 문제가 발생하였다. 한편 제조공정을 자동화 하려는 연구는 양념 소넣기 장치의 개발에 대한 연구(9)와 월동배추 속소금 살포에 의한 적정 기계화 절임조건(10)이 있을 뿐 이제 연구의 시작단계에 있다

본 연구에서는 김치의 생산성 향상을 위해 절임시간을 4시간으로 단축하여 절임배추를 생산하고 김치를 담가 품질을 평가하였다. 즉, 배추를 단시간에 절이는 이동식 배추절임장비를 제작하고, 이 장비를 이용하여 염수농도 29.6%에서 절임온도를 30℃로 높여 4시간에 절임배추를 제조하고 이 절임배추로 제조한 김치의 품질을 통상의 김치와 비교하여 평가하였다.

## (가)재료 및 방법

### ① 재료

배추는 2013년 해남산 월동배추로 해남배추(주)에서 2월부터 저온저장고에 저장한 것을 4월에 꺼내어 사용하였고 소금은 정제염(한주소금)을 사용하였다.

### ② 배추절임과 김치제조

무게 3~4kg인 배추의 불가식 부위를 제거한 후 이동식 절임배추 생산 장치를 사용하여 2등분 하였고, 29.6%(w/v)의 염수 및 30℃의 온도에서 4시간 동안 절인 후 3회 세척하여 제조하였다. 대조구는 해남 절임배추 공장에서 생산되는 절임배추로 12%(w/v)의 염수 및 약 10℃의 온도에서 16시간 절인 후 3회 세척하여 사용하였다. 김치는 시판 양념(㈜감칠배기, 광주광역시)을 구입하여 절임배추 대 양념을 75:25의 비율로 혼합하여 제조하고 김치냉장고 용기(34cm×23cm×15cm)에 8쪽씩 담아 4℃에서 저장하면서 5주간 품질을 평가하였다.

### ③ 염도

염도는 Mohr법으로 김치 500g을 채취하여 교반기(Philips, HR1372)로 마쇄한 후, 시료 1g을 100배 희석하고 희석액을 여과지(NO. 1, Advantec, Japan)로 걸러서 측정하였다. 여과액 10mL을 취하여 2% K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> 1mL를 넣고, 0.02 N AgNO<sub>3</sub>로 적정하여 적정 소비량을 다음의 식으로 환산하여 염도(%)를 계산하였다.

$$\text{염도}(\%) = \frac{\text{소비된 } AgNO_3 \times 0.00117 \times AgNO_3 \text{ factor} \times \text{희석배수}}{\text{시료채취량}(g)} \times 100$$

### ④ pH 및 산도

한 등(11)의 방법을 참고하여 시료 500g을 마쇄하고 4겹의 거즈로 여과한 후 pH는 pH meter(Orion star211, Thermo scientific, UAS)로 측정하였고, 산도는 여과액 10mL을 취하여 자동뷰렛(Titrolineeasy, pH Electrode blueline 12, SCHOTT instrument, Germany)으로 pH가 8.3이 될 때까지 0.1 N NaOH 용액으로 적정하였고 적정 소비량을 다음식으로 환산하여 산도(%)로 계산하였다.

$$\text{산도}(\%) = \frac{\text{소비된 } 0.1N NaOH \times NaOH \text{ 역가} \times 0.009}{\text{적정에 사용된 시료액의 양}} \times 100$$

### ⑤ 환원당

박 등(12)의 DNS(dinitrosalicylic acid) 비색정량법을 참고하여 환원당은 시료 500g을 마쇄한 후, 시료 1g을 증류수로 희석(50mL)하여 여과한 여과액(Whatman, No. 1) 1mL에 DNS 시약 3mL를 넣어 vortex mixer로 혼합하고 끓는 물에 5분간 증탕한 후 방냉하고 증류수 16mL로 희석하여 분광광도계(Simadzu UV1800, Japan)로 550nm에서 흡광도를 측정하였다. 포도당 표준용액을 같은 방법으로 시험하여 검량선을 작성한 후 시료 중의 환원당 함량을 계산하였다.

### ⑥ 조직감

조직감은 배추의 속에서 10cm 이상의 잎 중 5번째 잎을 선별하고 아래에서 3~8cm 부위를 폭 2cm로 절단하여 Texture Analyzer(Model TAXT-2, Stable Micro Systems, Ltd., England)를 사용하여 3회 반복 측정하였다. 측정조건은 pretest speed 1.00 mm/s, test speed 1.00 mm/s, posttest speed 10.0 mm/s, strain 90.0% 이고, probe와 plate는 Han(13)의 방법과 같았으며, 조직감은 배추 줄기의 굽힘성을 측정하여 강도(strength)로 표현하였다.

### ⑦ 유산균

배추김치를 분쇄하고 멸균 필터백에 넣어 멸균염수(0.85% NaCl)로 희석한 후 1분간 혼화하였다. 유산균은 MRS agar(Lactobacilli MRS agar, DIFCO)에 BCP(bromocresol purple) 지시약을 25ppm 넣은 배지를 사용하여 단계별로 희석한 시료를 접종하고 평판주입법(14)으로 도말하여 30°C에서 48시간 배양하고 황색 발색반응을 나타낸 집락수를 계수하였다.

## ⑧ 관능평가

배추김치 2종에 대하여 관능검사 전문패널 12명을 대상으로 외관, 색, 향, 질감, 단맛, 신맛, 짠맛, 전체적인 맛, 전체적인 품질을 5주간 평가하였다. 배추김치를 2cm×4cm 크기로 자른 후 20g을 용기에 담아 제공하였으며, 물과 크래커를 같이 제공하여 시료간의 교호작용을 최소화하였다. 평가는 ‘매우 나쁘다’ 1점, ‘나쁘다’ 2점, ‘약간 나쁘다’ 3점, ‘보통이다’ 4점, ‘약간 좋다’ 5점, ‘좋다’ 6점, ‘매우 좋다’ 7점의 Likert 7점 척도법으로 조사하였다.

## ⑨ 자료 분석 및 통계처리

자료는 SPSS PASW Statistics 19.0 통계패키지를 이용하여 분석하였으며, 배추김치의 이화학적 실험결과는 독립표본 T-test로 분석하였고, 관능검사에서의 시료간 차이는 비모수분산분석방법인 Mann-Whitney 방법으로 분석하였다.

### (나) 결과 및 고찰

#### ① 염도

배추김치를 4℃에 5주간 저장하면서 염도를 측정된 결과 그림 65와 같이 염도의 경시적 변화는 적었으나 절임방법에 따른 염도는 차이가 있어서 이동식 자동절임장비로 절인 김치는 염도 2.46~2.88%를 나타냈고, 공장생산 김치는 1.48~1.57%로 나타났다. 이동식 자동절임장비로 절인 김치의 염도는 1주차의 2.88%에서 2주차에 2.54%로 낮아져 그 후 안정되었고, 공장절임 김치의 염도는 1주차 1.49%에서 5주차 1.48%로 변화가 없었다. 그러나 이동식 자동절임장치로 절인 김치가 유의적으로 높았는데( $P < 0.01$ ), 이는 이동식 자동절임장치로 제조한 절임배추는 월동배추의 불가식부위가 많이 제거되어 배추의 크기가 2kg 정도로 작아졌기 때문으로 보인다. 실험결과 염수농도 29.6%로 30℃에서 4시간 절이면 절임배추의 염도가 2.5% 이상으로 충분히 절여졌으므로 염도 2.0%를 목표로 하면 4시간 이내에 절임이 가능함을 확인하였고, 공장절임 배추는 저염김치용으로 저농도 염수(12%)로 장시간 절였기 때문에 절임배추의 염도가 1.5%였다. 심 등(7)은 배추절임시 염수농도와 침지온도 및 시간에 따른 특성 변화에 관한 연구에서 10% 염수로 25℃에서 7시간 절이면 염도 2%에 도달한다고 하였고, 박 등(15)은 염수 농도 8%로 15시간 절인 결과 염도 1.00~1.64%의 절임배추를 제조하였으며, 김 등(16)도 염수 농도 10%에 12시간 동안 절인 후 4℃에 보관하여 염도 1.62%의 절임배추를 제조하여 공장절임배추의 염도와 유사하였다. 또한 저염절임배추를 제조하기 위하여 저농도 염수로 누름, 감압 및 증기를 투과하여 6% 염수에서 1.35kg/cm<sup>2</sup>의 힘을 가하거나, 250mmHg로 감압 또는 100℃에서 1분간 증기처리하여 6시간 만에 절일 수 있었다고 하였으나(17), 그렇게 절인 배추김치의 품질은 보고되지 않았다. 정 등(18)은 저온저장배추를 15% 염수로 실온에서 12시간 절여 통상적으로 시험하였고, 정 등(3)은 560mmHg 이하로 감압하면 4시간에 절일 수 있으나 조직이 투명해지는 단점이 있다고 하였다. 그리고 이 등(4)은 19.5% 염수로 3시간 45분 절인 배추가 통배추 김치의 최적절임조건이라고 하여 고농도 염수로 단시간 절이는 것이 김치의 품질이 좋다고 하였다. 현재와 같은 저농도 장시간 절임은 시간은 많고 소금이 비싼 시절부터 관행적으로 쓰이고 있는 방법이나, 소금값이 저렴하고 절임염수를 재사용할 수 있는 현재에는 고농도로 단시간에 절이는 것이 더 생산성을 높일 수 있는 방법이다.

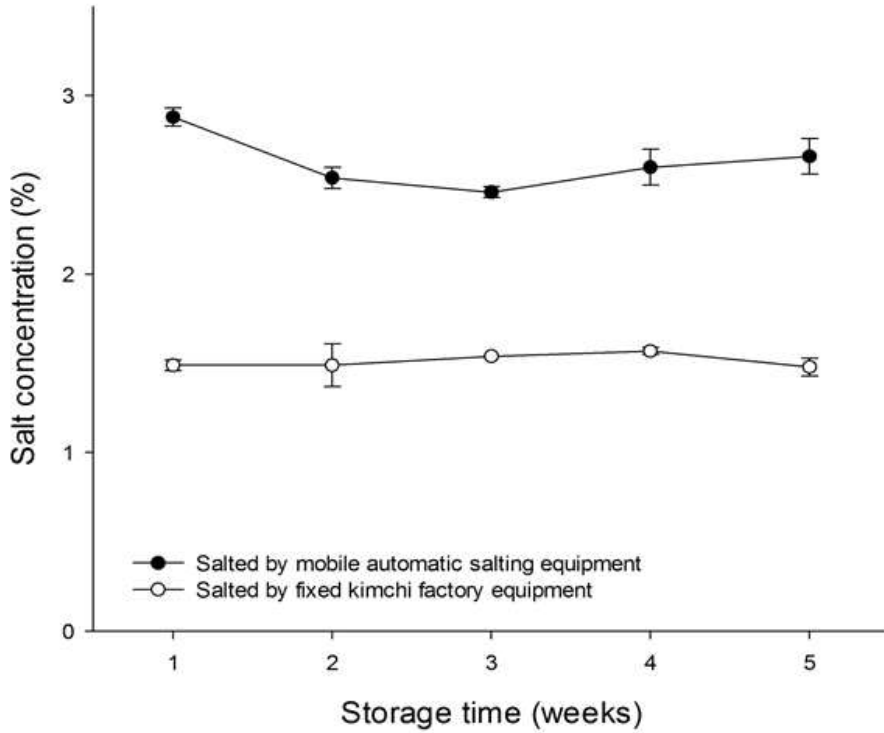


그림 49. 절임방법이 다른 절임배추의 저장기간 중 염도변화

## ② pH 및 산도

절임방법이 다른 두 가지 절임배추로 제조한 김치의 pH와 산도를 1주마다 측정한 결과 그림 66과 같이 이동식 자동절임장치로 절인 김치에서 pH는 초기에 약간 높게 나타났으나 그 후 비슷하였고, 산도는 5주 동안 공장절임 김치보다 높게 나타났다. 이동식 자동절임장치에서 29.6%의 염수로 4시간 절인 김치의 pH는 1주차 5.11에서 5주차 4.11로 서서히 낮아졌으며, 공장에서 12% 염수로 16시간 절인 김치의 pH는 1주차 4.95에서 5주차 4.12로 서서히 낮아져 비슷하였다. 산도는 모두 2주차에서 3주차까지 급격히 높아진 후에 5주차까지 완만하게 증가하였는데, 이동식 자동절임장치로 절인 김치는 3주차에 0.98로 공장절임 김치의 0.82에 비해 크게 높았고 5주차에서도 각각 1.17, 1.00로 차이가 커서 염도가 2.5%로 높은 김치가 염도가 1.5%로 낮은 김치보다 산도가 높았다. 이러한 결과는 염도 1.5~2.5% 김치를 발효시킬 때 산도가 저염김치보다 고염김치에서 더 높았다는 송 등(5)의 연구와 유사하였다. 또한 박 등(12)은 배추김치의 저장온도가 높을 경우 pH 변화 양상과 산도의 변화 양상이 거의 반비례하였으나, 저온에서 저장할 경우 pH의 변화양상과 산도의 변화양상의 반비례 경향이 낮았다고 하였는데, 본 실험에서는 4°C로 저장한 결과 반비례하는 경향이 약하게 나타났다.

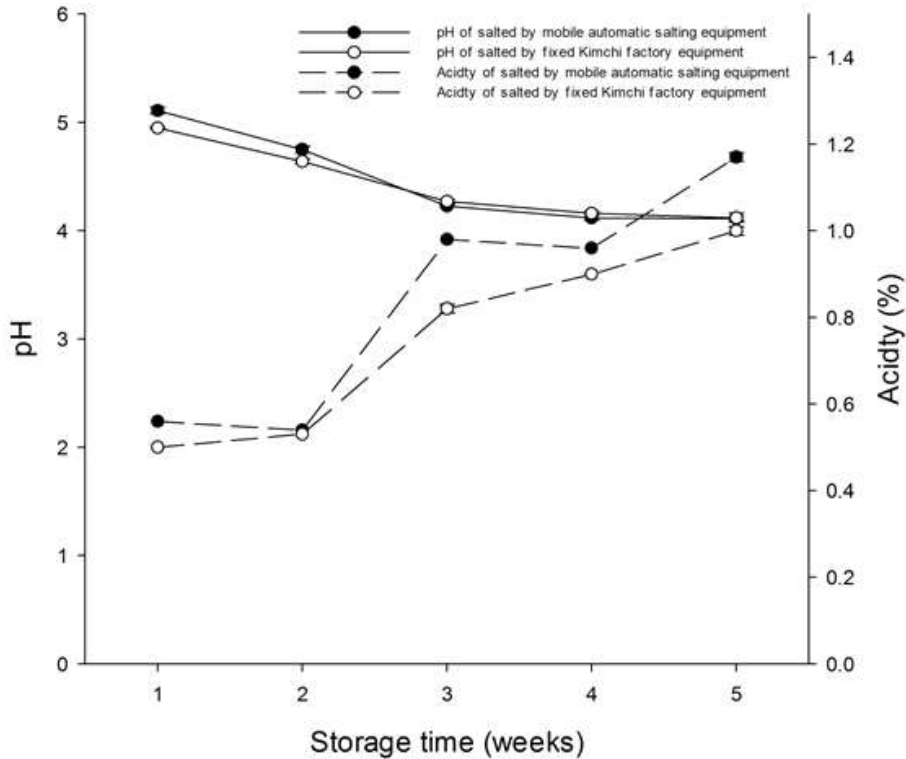


그림 50. 절임방법이 다른 절임배추의 저장기간 중 pH 및 산도 변화

### ③ 환원당

김치의 환원당은 김치 미생물의 탄소원으로 이용되며, 김치의 품질, 맛 특히 단맛과 신맛에 영향을 끼친다(15). 절임방식이 다른 절임배추로 제조한 배추김치를 4℃에서 저장하며 환원당의 함량을 측정한 결과 그림 67과 같이 산도가 급격히 높아지는 2주차부터 3주차까지의 기간에 환원당 또한 2.84~3.22mg%에서 1.25~1.61mg%까지 급격하게 떨어졌다. 두 종류 배추김치의 환원당 함량변화는 2주차에서 이동식 자동절임장치로 절인 김치가 3.22mg%로 공장절임 김치의 2.84mg%보다 유의적으로 높았으나( $P < 0.01$ ), 3주차에서는 이동식 자동절임장치에서 절인 김치의 환원당이 1.25mg%였으나 공장절임 김치의 환원당은 1.61mg%로 나타나 유의적으로 더 낮게 나타났다( $P < 0.01$ ). 이는 같은 기간에 이동식 자동절임장치로 절인 김치에서 유산균이 더 빠르게 증식하면서 환원당을 소모하여 유기산을 더 많이 생성한 것과 관계가 있는 것이다. 발효후기에 환원당함량이 다소 증가한 것은 미생물에 의해 소모된 양보다 더 많은 다당류가 분해되어 환원당으로 쌓였기 때문으로 보이며, 이러한 결과는 저염절임 중 환원당 함량 변화를 조사한 이 등(8)의 연구결과와 유사하였다.

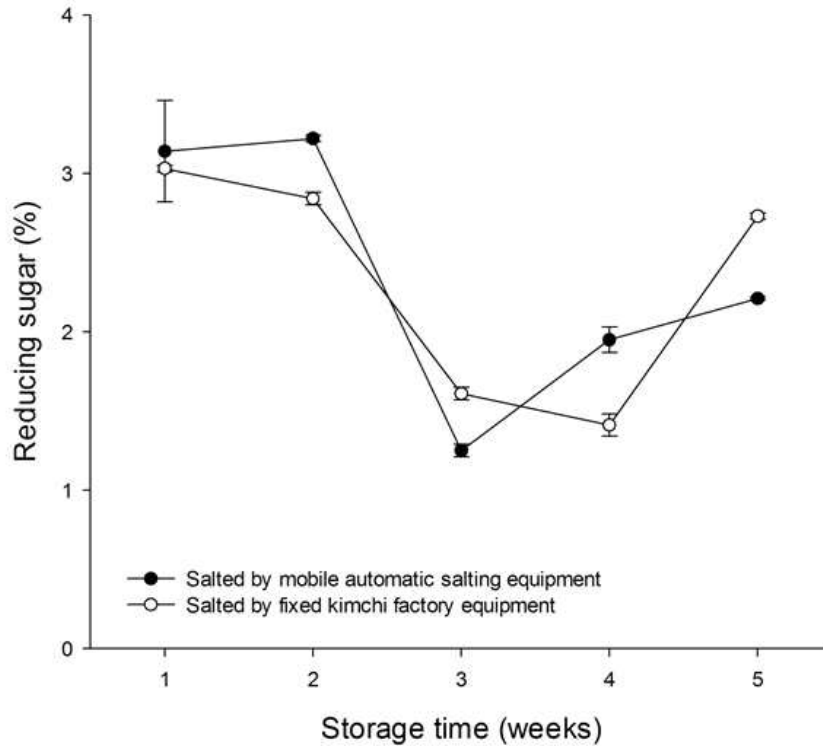


그림 51. 절임방법이 다른 절임배추의 저장기간 중 환원당 변화

#### ④ 조직감

조직감은 김치의 주요 품질요소 중 하나로 신선미를 나타낸다(7). 조직감을 측정하는 방식은 경도, 강도, 인성, 변형성 등이 있는데, 보통은 외부의 단단함을 측정하는 경도(hardness)를 측정하나 본 실험에서는 물리적인 힘을 가하였을 때 내부반발력 등을 나타내는 강도(strength)를 측정하였다. 측정결과 그림 68과 같이 강도는 1주차에서 2주차 사이에 크게 낮아졌고 그 이후로는 비슷한 수준을 유지하였다. 처리구별로는 1주차에는 공장절임 김치가 0.269kg로 이동식 자동절임장치로 절인 김치의 0.211kg보다 높았으나 2주차에서는 각각 0.074kg, 0.097kg으로 이동식 자동절임장치로 절인 김치가 더 높았다. 공장절임 김치의 강도가 초기에 낮은 것은 저염 절임배추를 제조하기 위하여 누름, 감압 및 증기투과를 시험하여 낮은 염수농도에서는 잘 절여지지 않았다는 이 등(19)의 연구결과와 비슷하였다. 이는 초기에는 이동식 자동절임장치로 절인 김치가 충분히 절여져서 강도가 낮았으나 염도가 낮은 공장절임배추가 염도가 높은 양념에 섞이면서 저장기간 중에 삼투압에 의해 배추내부의 수분이 배출되면서 강도가 크게 낮아진 것으로 판단된다. 절임배추의 조직감은 절임온도와 역비례 관계에 있으며 염수농도 10%로 25℃에서 절인 배추의 경도가 14℃나 8℃에서 절인배추의 경도보다 더 낮았다는 보고(8)와 같이, 이동식 자동절임장치로 30℃에서 절인 김치의 조직감이 10℃로 절인 공장절임 김치보다 초기 강도가 더 낮았다. 관능평가의 결과도 표 2에서 보듯이 염도가 낮은 공장절임 김치는 초기에는 배추조직이 덜 절여져서 조직감에 대한 기호도가 나쁘고(3.70) 저장기간 중에 추가로 절여지면서 수분의 배출과 조직의 연화가 일어나서 저장 후기도 이동식 자동절임장치로 절인 김치보다 조직감이 낮게 평가되었다. 김 등(20)도 저장기간이 길어지면 조직으로부터 수분유출과 미생물의 증식으로 조직의 연화가 일어나 탄력성이 감소한다고 하였다.

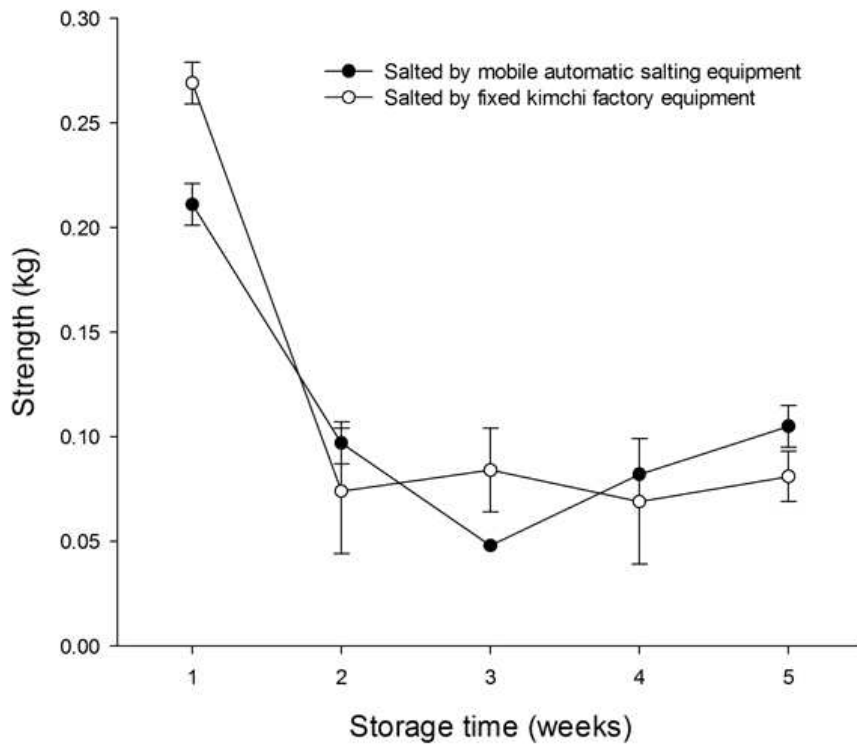


그림 52. 절임방법이 다른 절임배추의 저장기간 중 조직감 변화

#### ⑤ 유산균

이동식 자동절임장치로 절인 김치의 유산균 수는 그림 69와 같이 저장 2주차에 0.84log CFU/g로 낮았으나 이후 빠르게 증가하여 저장 5주차에는 8.38log CFU/g으로 크게 증가하였다. 그러나 공장절임 김치는 저장기간 내내 1천마리 이하로 낮았다. 유산균 수의 변화는 산도 변화와 비슷한 양상을 보였으며 염도가 1.5%로 낮은 공장절임 김치에서 산도도 1.0% 이하로 낮은 것으로 보아 저염김치는 발효가 충분히 일어나지 않을 수 있다. 김치에서 유산균이 감소하면 효모가 증식하면서 이취가 발생하는데 공장절임 김치에서 관능검사결과 5주차에 냄새가 나쁜 것으로 평가된 것으로 보아 효모가 증식한 것으로 사료되며 이를 방지하려면 유산균이 충분히 증식하도록 염도가 1.5% 이상이 되어야 할 것이다. 박 등(15)은 전해수로 세척한 절임 배추로 4℃에 저장하면 24일에 최고로 증가했다 감소한다고 하였으나 김치에서는 양념이 영양원으로 추가되므로 5주차까지 계속 증가하였다. 또한 공장절임 김치에서 유산균의 생육이 느린 것은 염수농도 5%로 12시간 절여 염도 1.17%인 절임 배추는 유산균의 증식이 느리게 일어났다는 김 등(16)의 연구와 비슷하였다.



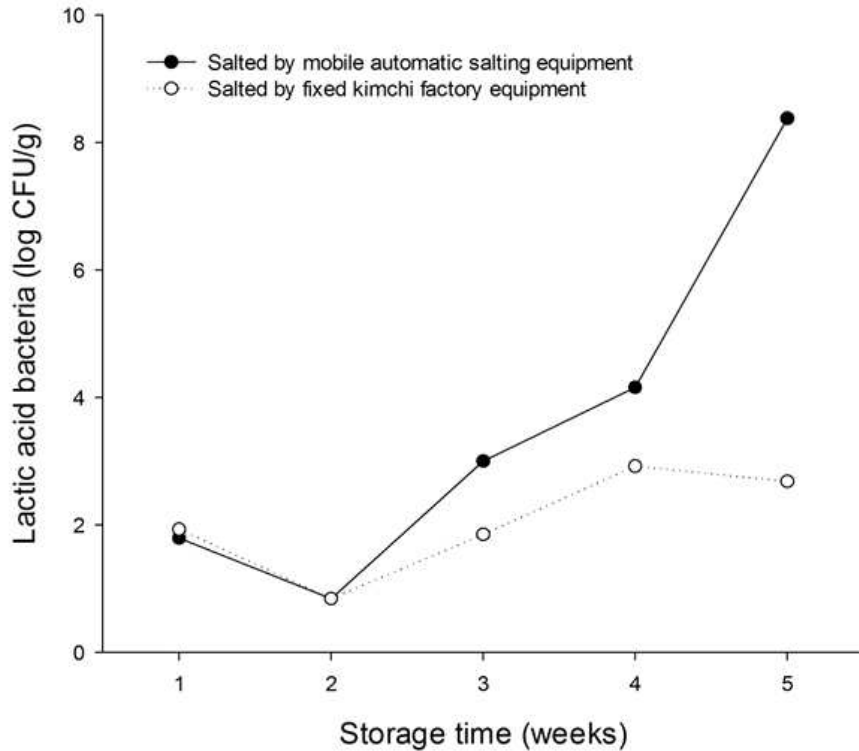


그림 53. 절임방법이 다른 절임배추의 저장기간 중 유산균 변화

#### ⑥ 관능평가

이동식 자동절임장치로 절인 김치의 전체적인 품질은 표 3과 같이 저장 1주차 ‘보통이다’ 이상(4.20)에서 2주차에 5.09로 가장 좋았으며 4주차에 약간 낮아졌다가 5주차에 4.40으로 저장기간 중 ‘보통이다’ 이상 이었다. 그러나 공장절임 김치는 저장 1주차에 ‘보통이다(4.00)’이었으나 3주차부터 ‘보통이다’ 이하로 낮아졌고, 특히 5주차에는 3.30으로 낮아져 이동식 자동절임장치로 절인 김치와 차이가 있었다. 외관과 색은 4주차까지 공장절임 김치에서 더 좋았고, 냄새는 4주차까지 모두 4점 이상으로 차이가 없었다. 조직감은 이동식 자동절임장치로 절인 김치가 더 좋았고 공장절임 김치는 절임이 미흡하여 1주차 3.70으로 낮았고 2주차에 5.36으로 좋아졌으나 5주차에 조직이 연화하여 ‘보통이다(4.00)’ 이었다. 전체적인 맛은 이동식 자동절임장치로 절인 김치가 전 기간 동안 ‘보통이다’ 이상으로 높았으나 공장절임 김치는 1주차에 3.40으로 낮았는데 특히 짠맛이 3.00으로 너무 싱거워서 덜 절여진 것을 알 수 있었고 이는 조직감에서도 3.70으로 낮게 평가되어 다시 확인할 수 있었다. 저장 5주차에서 이동식 자동절임장치로 절인 김치가 조직감과 전체적인 맛, 단맛, 신맛 및 짠맛에서 4.50 이상으로 좋은 평가를 받는데 비해 공장절임 김치는 4.00 이하로 낮았고 특히 냄새는 군덕내가 나서 3.10으로 낮은 평가를 받은 것으로 보아 염도 1.5%의 저염김치는 초기에는 너무 싱겁고 5주차까지 저장하면 군덕내가 나는 문제가 발생하였다. 반면에 이동식 자동절임장치로 절인 김치는 염도가 2.5%로 높았으나 전체적인 품질이 저장 5주차까지 ‘보통이다’ 이상으로 유지되었다. 송 등(5)은 배추절임방법이 김치의 맛에 미치는 영향을 연구하여 16%고농도 염수로 김치염도가 2~3%가 되도록 3~5시간 동안 절이는 것이 맛이 우수하다고 하였고, 이 등(6)도 고농도 염도로 고온에서 단시간 절이는 것이 관능과 물성이 우수하다고 하였으며, 심 등(7)도 고농도, 고온에서 단시간 절이는 것이 경제성면에서 유리하다고 하였다. 한편 김 등(18)은 고농도 염수로 절인 돔배기(상어육)의

품질이 저농도 염수로 절인 것 보다 더 우수하다고 하였다. 이처럼 많은 연구에서 고농도 염수로 단시간 절이는 것이 품질이 우수하다고 보고하였음에도 불구하고 아직까지도 저농도로 장시간 절이는 이유는 시간은 많고 소금이 귀한 시절에 절이던 관행을 공장에서 답습하기 때문이다. 염수의 재사용기술이 개발되면 고농도 단시간 절임이 실용화 되어 배추의 절임생산성을 크게 높일 수 있을 것이다.

표 3. 절임방법이 다른 절임배추의 저장기간에 따른 관능평가 결과

Weeks		1	2	3	4	5
Overall Quality	Mobile <sup>1)</sup>	4.20±1.14 <sup>3)ns4)</sup>	5.09±1.22 <sup>ns</sup>	4.73±1.01 <sup>ns</sup>	3.82±1.47 <sup>ns</sup>	4.40±1.35 <sup>ns</sup>
	Fixed <sup>2)</sup>	4.00±1.56 <sup>ns</sup>	4.27±0.90 <sup>ns</sup>	3.91±0.83 <sup>ns</sup>	3.73±1.27 <sup>ns</sup>	3.30±0.82 <sup>ns</sup>
Appearance	Mobile	4.10±0.57 <sup>ns</sup>	4.82±1.25 <sup>ns</sup>	4.27±1.19 <sup>ns</sup>	3.82±1.33 <sup>ns</sup>	4.40±1.26 <sup>ns</sup>
	Fixed	4.30±1.34 <sup>ns</sup>	5.36±0.81 <sup>ns</sup>	4.45±0.82 <sup>ns</sup>	3.91±1.04 <sup>ns</sup>	4.00±1.25 <sup>ns</sup>
Color	Mobile	3.70±0.67 <sup>ns</sup>	5.09±1.04 <sup>ns</sup>	4.45±1.04 <sup>ns</sup>	4.00±1.26 <sup>ns</sup>	4.30±1.06 <sup>ns</sup>
	Fixed	4.10±1.66 <sup>ns</sup>	5.45±1.04 <sup>ns</sup>	4.55±1.04 <sup>ns</sup>	4.18±1.08 <sup>ns</sup>	3.80±0.92 <sup>ns</sup>
Odor	Mobile	4.40±0.97 <sup>ns</sup>	5.18±1.40 <sup>ns</sup>	4.64±1.29 <sup>ns</sup>	4.55±1.37 <sup>ns</sup>	4.10±1.45 <sup>ns</sup>
	Fixed	4.60±0.84 <sup>ns</sup>	4.18±1.08 <sup>ns</sup>	4.64±1.03 <sup>ns</sup>	4.00±1.34 <sup>ns</sup>	3.10±1.10 <sup>ns</sup>
Texture	Mobile	4.10±0.99 <sup>ns</sup>	5.64±0.92 <sup>ns</sup>	5.45±0.82 <sup>ns</sup>	4.55±1.29 <sup>ns</sup>	4.50±1.58 <sup>ns</sup>
	Fixed	3.70±1.16 <sup>ns</sup>	5.36±0.92 <sup>ns</sup>	4.73±1.27 <sup>ns</sup>	4.45±0.82 <sup>ns</sup>	4.00±0.94 <sup>ns</sup>
Overall Taste	Mobile	4.10±1.20 <sup>ns</sup>	4.82±1.25 <sup>ns</sup>	4.64±1.12 <sup>*</sup>	3.82±1.40 <sup>ns</sup>	4.50±1.27 <sup>ns</sup>
	Fixed	3.40±1.43 <sup>ns</sup>	3.64±0.81 <sup>ns</sup>	4.09±0.83 <sup>*</sup>	3.73±1.27 <sup>ns</sup>	3.50±0.97 <sup>ns</sup>
Sweety	Mobile	4.20±0.63 <sup>ns</sup>	4.82±1.08 <sup>ns</sup>	4.64±0.92 <sup>ns</sup>	3.55±0.93 <sup>ns</sup>	4.50±1.08 <sup>ns</sup>
	Fixed	4.20±0.92 <sup>ns</sup>	4.00±0.63 <sup>ns</sup>	4.27±0.90 <sup>ns</sup>	3.73±1.01 <sup>ns</sup>	3.90±1.20 <sup>ns</sup>
Sour	Mobile	3.60±1.07 <sup>ns</sup>	4.45±1.04 <sup>ns</sup>	4.91±1.04 <sup>ns</sup>	4.18±1.33 <sup>ns</sup>	4.70±1.16 <sup>ns</sup>
	Fixed	3.10±1.29 <sup>ns</sup>	3.55±0.82 <sup>ns</sup>	4.27±1.10 <sup>ns</sup>	4.09±1.45 <sup>ns</sup>	4.00±1.05 <sup>ns</sup>
Salt	Mobile	4.30±1.34 <sup>ns</sup>	4.27±1.35 <sup>ns</sup>	4.36±1.21 <sup>ns</sup>	4.36±0.92 <sup>ns</sup>	4.60±0.97 <sup>*</sup>
	Fixed	3.00±1.41 <sup>ns</sup>	3.27±0.65 <sup>ns</sup>	4.09±0.83 <sup>ns</sup>	3.73±1.01 <sup>ns</sup>	3.40±0.84 <sup>*</sup>

1) Mobile automatic salting equipment.

2) Fixed kimchi factory equipment.

3) Average±SD.

4) <sup>ns</sup>=not significantly different(P>0.05), <sup>\*</sup>=Significantly different(P<0.05).

## 2. 이동식 배추절임장치 자동화 기술 및 장비 개발

### 가. 배추 절임장비 이동수단의 연구

절임장치에 대한 학술적연구는 매우 부족한 실정이며, 김치공장에서는 고랭지배추를 산지 밭에서 다듬어 절임조에 쌓고 소금물을 부은 상태로 공장으로 이동하면서 절이려는 시도가 있었다. 배추를 트럭에 싣고 염수를 순환시키면서 절이려는 시도가 있었으나 중ruck부가 잘 절여지지 않는 문제 때문에 어려움이 있었고, 절임용량이 작아지므로 생산성이 낮은 문제가 예상되었다. 따라서 연속형 자동절임장치를 트레일러에 탑재하여 절임 공간을 확보하면서 이동시 안전성을 확인함으로써 이동시 편리하고 소요시간을 단축하여 경제성을 확보하고자 하였다.

#### (1) 카고트럭

절임장비의 이동수단으로 일체식 트럭형은 이동성은 양호하나 트럭의 짐칸이 좁아 생산성이 낮고, 트럭의 가동률이 낮은 어려움이 있었다. 한 등은 이 문제를 해결하기 위하여 통배추를 반4절하여 절임조에 쌓고 고농도 염수를 순환시키거나 배추를 고농도 염수로부터 완전히 꺼내서 배추잎 사이의 뭉어진 염수를 빼낸 다음 새로운 고농도 염수와 접촉하게 함으로써 배추를 5~6시간 만에 절이는 데 성공하였으나 이를 트럭에 탑재할 경우 절임용량이 작아지므로 생산성이 낮은 문제가 예상되었다. 그래서 절임시간을 더 단축하기 위하여 한 등은 절임조의 규모를 1톤 이상으로 키우고 염수의 농도와 온도 그리고 압력을 조절하여 배추를 단시간에 절이는 연구를 수행하였다.

#### (2) 저상 트레일러

배추의 절임공간을 충분하게 확보하기 위하여 높이 공간이 2,600mm인 저상트레일러에 절임조와 세척조를 설치하고 배추망을 호이스트로 이동시키며 연속으로 절이는 연구를 하였다. 그러나 염수탱크가 부족하고 또한 염수재처리 시설이 없어서 지속적으로 가동하는데 어려움이 있었다.

염수탱크를 트레일러에서 분리하는 방식은 염수탱크를 트레일러와 별도로 이동시켜야 하므로 이동성이 낮았다. 또한 고정되어 있지 않은 염수탱크의 안전성이 확보되지 않아 저상트레일러는 더 많은 연구가 필요하였다.

#### (3) 평 트레일러

평 트레일러형은 트레일러 평판 하부에 염수탱크를 설치하고 상부에 배추절임조를 설치하여 한꺼번에 염수탱크와 절임조를 이동시켜 생산성이 낮아지지 않으면서 이동성이 양호하다. 그러나 트레일러 바닥이 1,400mm로 높아서 이동시 안정성이 우려되었다.

따라서 본 연구에서 평트레일러에 이동식 배추절임장치를 설치하되 이동시 안정성을 확보할 수 있는 연구를 하였다. 1일 20톤의 절임배추를 생산하기 위하여 25톤 트레일러를 구비하고 25톤 트레일러의 규격에 맞추어 수차례 설계도를 수정하여 표 1과 같은 장치들을 트레일러 위에

설치하였다. 장비재질은 SUS 316으로 하고 SUS 304가 가능한 곳은 304로 하였다. 트레일러 외부 설비는 개폐식으로 작업자 이동 공간을 0.8m(폭)로 확보하고 작업자는 접이식 외벽을 이용하여 절임조 주위를 이동하는 것으로 하였다. 그리고 생산성을 떨어뜨리지 않으면서 이동시 안전성을 확보하기 위하여 염수조의 구조와 설치위치, 염수제처리 장치의 구조와 설치위치, 배추절임조의 구조와 설치위치, 그리고 트레일러의 외장천막 구조와 재질을 연구하였다.

표 4. 이동식 배추절임장비 제작지침

No	품명	규격 (W×L×H)	수량
1	트레일러	2500×13000×1400	1
2	배추절임조	1040×4140×1610	4
3	염수회수조	2400×8000×800	1
4	배추칼집이절기	600×3500×1900	1
5	배추이송컨베이어	400×9200×1800	1
6	배추건짐컨베이어	860×2000×400	4
7	절임배추이송컨베이어	600×4000×300	1
8	절임배추밀기장치	φ 40×4200×2.2	4
9	염수공급배관	80A(φ 60.5)	4
10	염수펌프	1LB/min	4
11	염수회수배관	80A(φ 69.1)	4
12	솔레노이드밸브	80A 자동	8
13	염수제조기	800×1800×1000	1
14	컨트롤패널	4000×250×1500	1
15	배추절임조덮개	880×1650×120	8
16	배추호퍼	2000×1500×1400	1
17	측면작업자받침대	800×13000×20	14
18	트레일러외장	2460×13000×2600	1

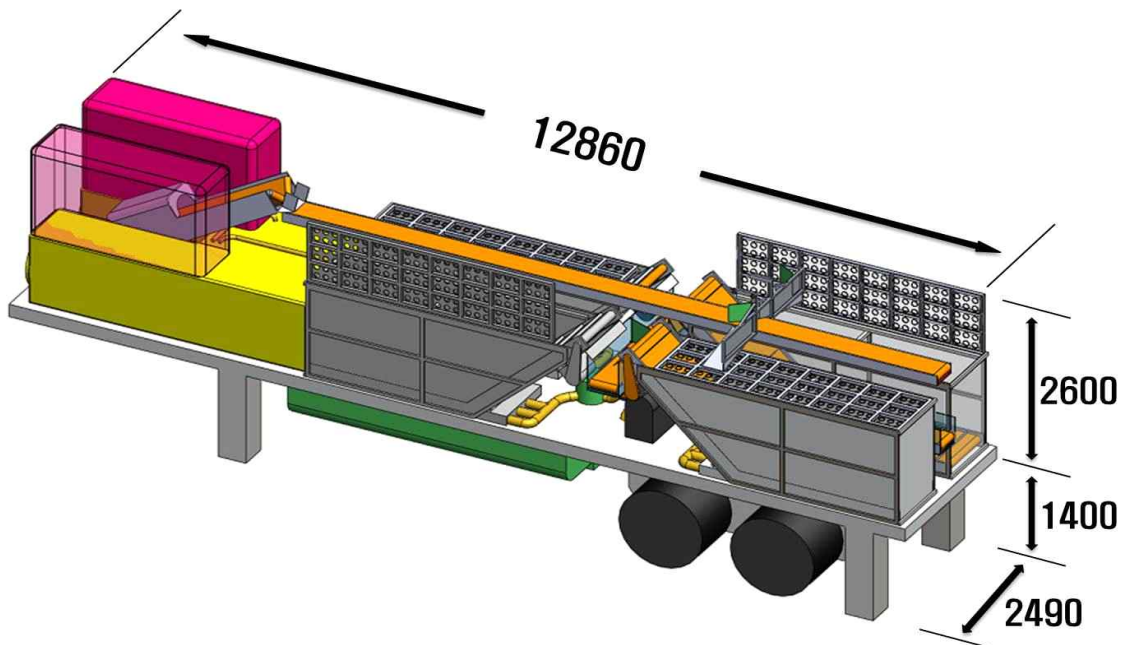


그림 54. 평트레일러의 전체크기



그림 55. 트레일러의 준비 및 실내 이동

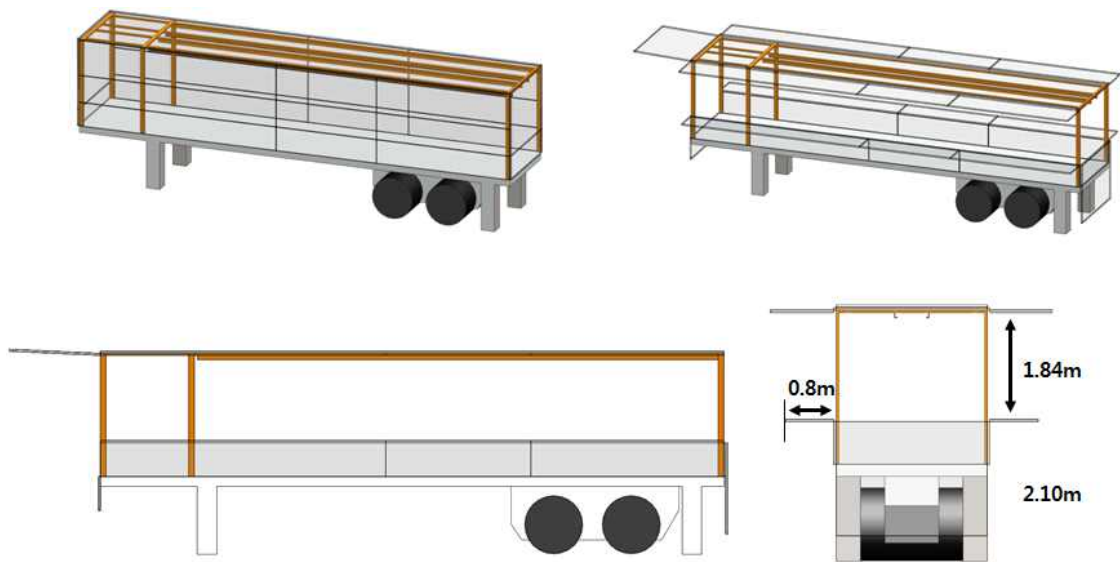


그림 56. 트레일러의 외부설비 시스템 설계도



그림 57. 이동식 배추절임 장비(이동)



그림 58. 이동식 배추절임 장비(설치)

나. 이동식 배추절임장비 이동 자동화 기술 및 장비개발

(1) 이동식 배추절임장치의 자동화공정 설계

평트레일러 1대를 기준으로 배추의 투입장치와 배추 2절기, 경사컨베이어, 수평컨베이어, 절단배추 투입장치, 절임조, 염수 주입 및 배출 장치, 염수재사용장치를 포함하는 시스템으로 설계되었으며, 배추를 4시간 안에 연속적으로 절이는 기술을 적용하기 위하여 절임조는 총 4개가 설치되었다. 트레일러 1대에 절임조 4개를 사방으로 설치하고 4개가 순차적으로 작동하여 연속적으로 절임배추를 생산하려면 절임조의 용량은 4.7톤이 적합하였고 여기에 생배추 2.0톤을 썰고 염수 2.5톤을 주입하여 4시간을 절이면 절임배추 1.6톤을 생산할 수 있다. 절임조에 반절배추를 썰는 시간 1시간과 절임배추를 배출하는 시간 1시간을 더하면 1회 생산 시 총 6시간이 소요되어 1일 4회 생산이 가능하고 절임조 4개가 각각 1일 4회씩 생산하여 25.6톤(1.6톤×4개×4회)의 절임배추를 생산할 수 있다. 이러한 공정으로 구성된 자동화 절임장비를 생산성을 유지하면서 이동시, 특히 곡선주행 시 안전할 수 있도록 무게중심이 트레일러의 아래와 앞으로 위치하도록 장치를 배치하였다.

(2) 트레일러에 탑재할 수 있는 이동식장치 설계 및 제작

평트레일러 바닥에 수평 프레임을 설치하고 그 위에 스테인레스판을 용접하여 바닥을 위생적으로 만들었다. 염수회수탱크는 트레일러 바닥 하부에 10톤 규모로 제작하여 바닥 프레임에 용접하여 부착하였고 트레일러 위에 절임조 4개를 설치하였다. 절임조 안에는 경사컨베이어, 밀기장치 및 덮개를 설치하고 이동시 덮개가 흔들리지 않도록 고정장치를 하였다. 염수회수조와 절임조를 연결할 배관과 염수를 끌어올릴 펌프를 설치하였고, 이절기와 수평컨베이어를 설치하였다. 최종적으로 염수 재사용을 위한 필터(basket, A/C, M/F)와 처리수저장조, 염수이송을 위한 펌프와 배관을 추가로 제작하여 설치하였다.

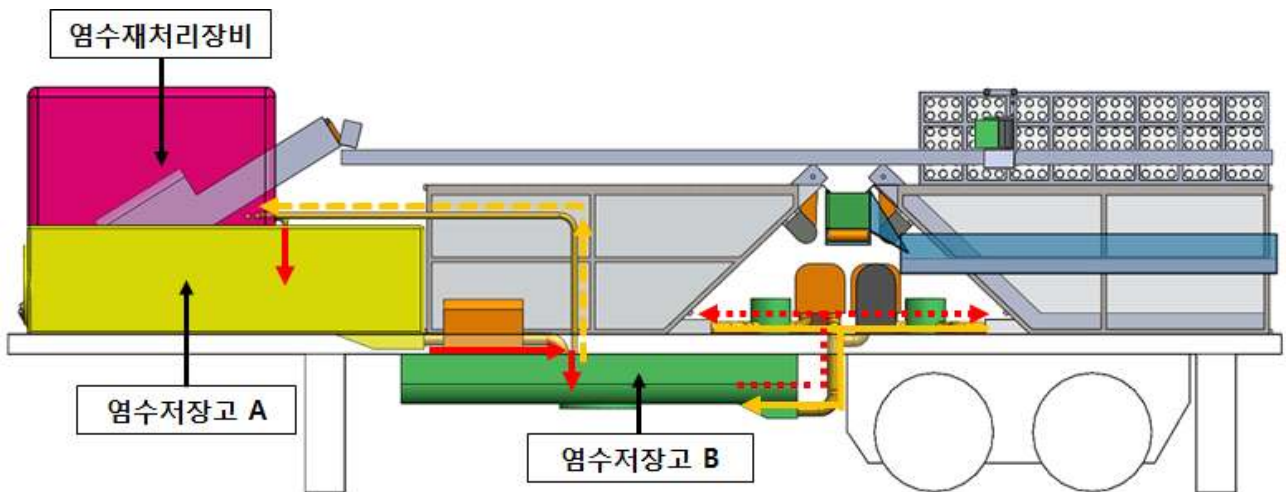
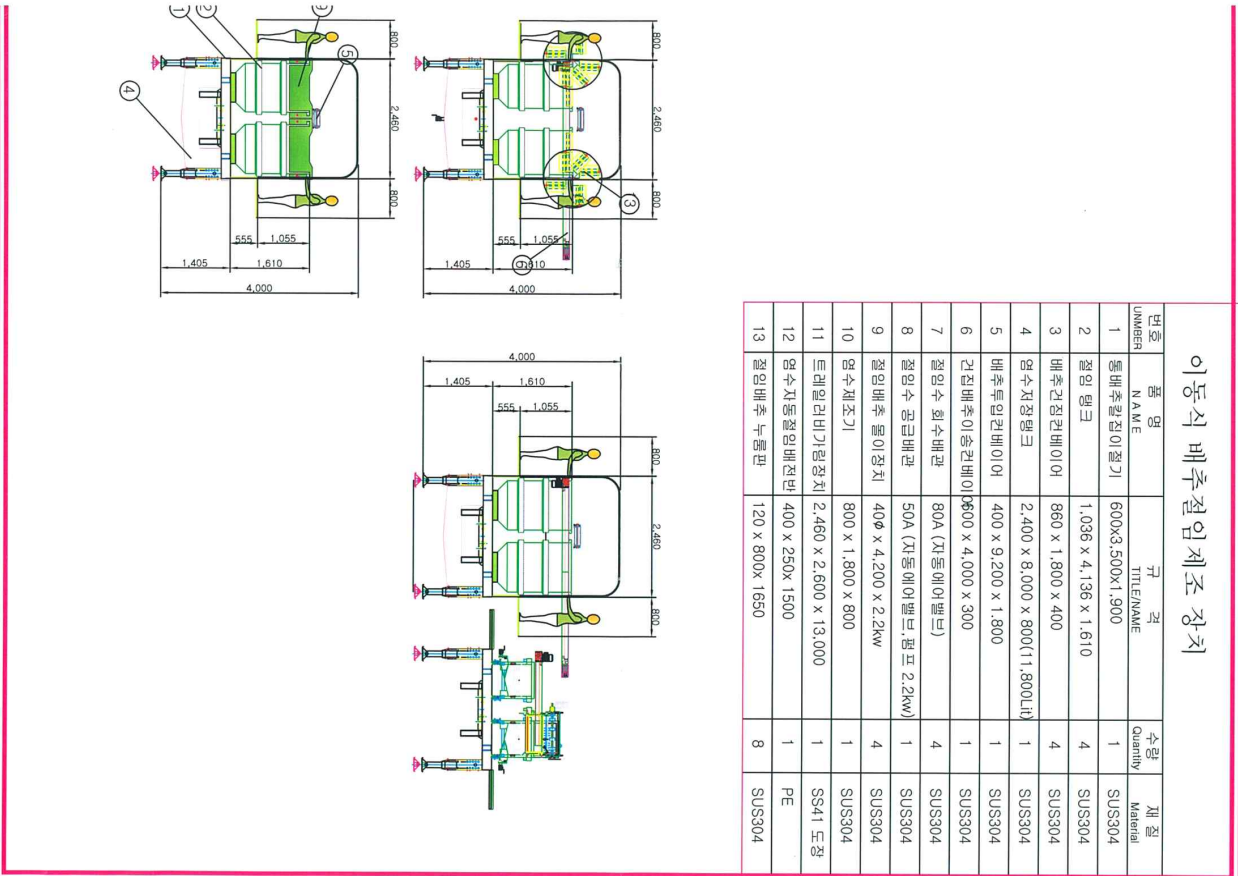
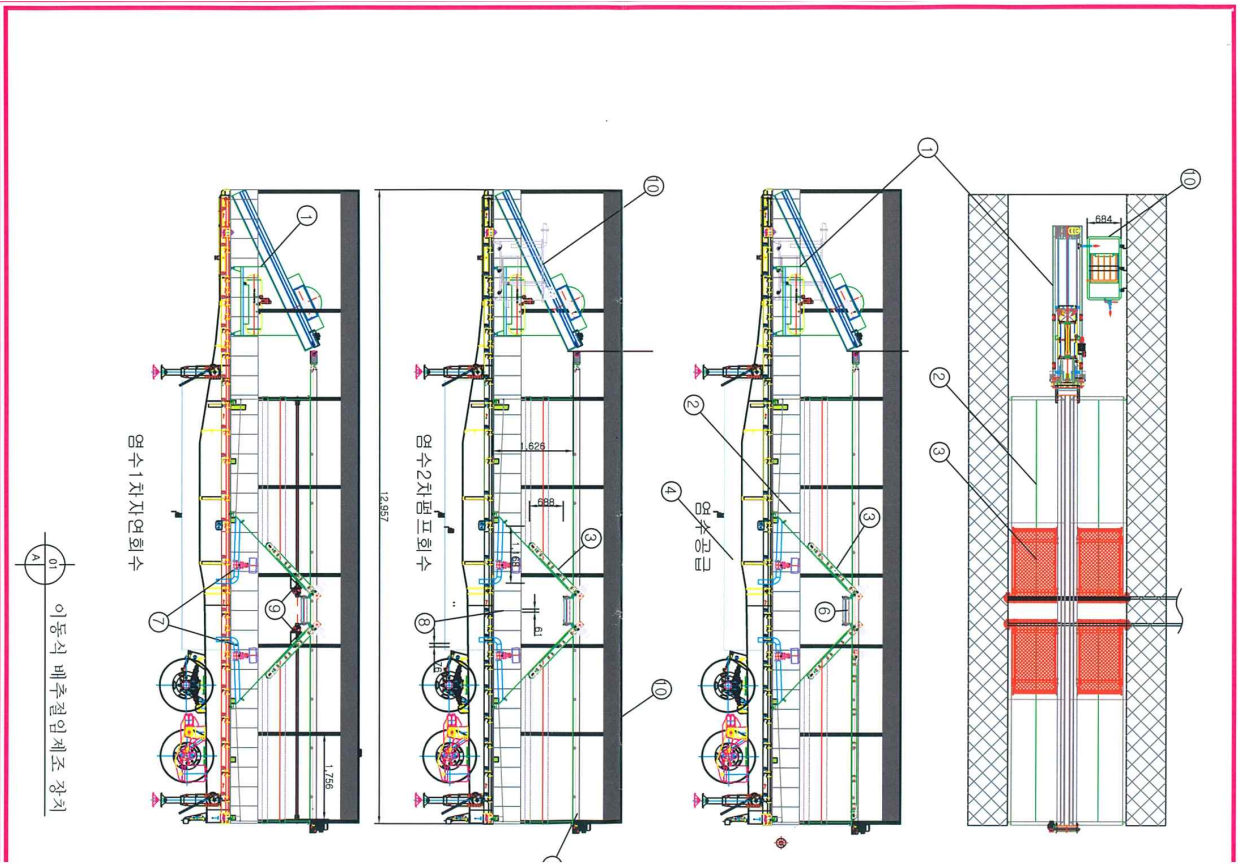


그림 59. 이동식 배추절임 장비 배치 구조도





번호	품명	규격	수량	재질
NUMBER	NAME	TITLE/NAME	Quantity	Material
1	통배추절입장치	600x3,500x1,900	1	SUS304
2	절입탱크	1,036 x 4,136 x 1,610	4	SUS304
3	배추간진관베이어	860 x 1,800 x 400	4	SUS304
4	연수저장탱크	2,400 x 8,000 x 800(11,800LIT)	1	SUS304
5	배추동인관베이어	400 x 9,200 x 1,800	1	SUS304
6	간진배추이송관베이어	800 x 4,000 x 300	1	SUS304
7	절입수 회수배관	80A (자동에어밸브)	4	SUS304
8	절입수 공급배관	50A (자동에어밸브-펌프 2.2kw)	1	SUS304
9	절입배추 물이장치	406 x 4,200 x 2.2kw	4	SUS304
10	연수제조기	800 x 1,800 x 800	1	SUS304
11	트러일러비기압장치	2,460 x 2,600 x 13,000	1	SS#1 도장
12	연수자동절입배전반	400 x 250x 1500	1	PE
13	절입배추 누출판	120 x 800x 1650	8	SUS304

그림 60. 이동식 배추절입 장비 설계도

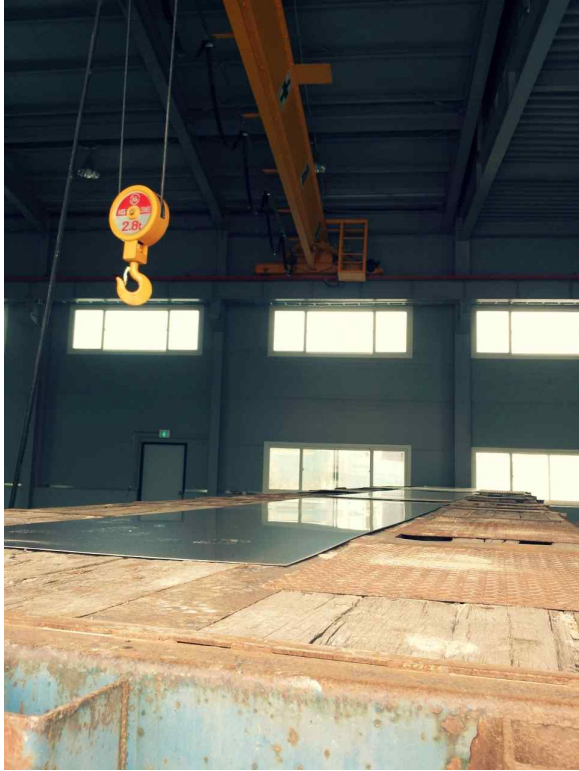


그림 61. 트레일러에 스테인레스판을 설치



그림 62. 절임조 제작 및 설치



그림 63. 염수회수조, 절임조 및 이절기 설치



그림 64. 이동식 배추절임장치 제작 및 실외 이동

(3) 트레일러 이동시 배추절임장치의 안정성을 확보하는 기술 및 장치 배치

트레일러 이동시 출발이나 정차 시 염수의 관성력에 의한 염수회수조의 수축이나 팽창, 파열을 방지하기 위해 염수회수조에는 격막을 설치하였으며, 도로에서 트레일러가 회전할 경우 원심력에 의한 전복사고가 발생할 수 있다는 의견에 따라 염수회수조의 위치를 평트레일러의 하단에 위치시킴으로 무게중심을 아래쪽으로 실어서 전복을 방지하였다.



그림 65. 트레일러 하단부의 염수회수조

#### (4) 트레일러 이동시 염수 재사용장치의 안전성을 확보하는 기술 및 장치 개발

트레일러 이동시 절임염수의 재처리 장치에도 일부 염수가 보관되게 되므로 원심력을 줄이기 위해서는 트레일러의 앞부분에 위치하도록 설계하여 트레일러가 이동시에도 안정한 상태를 유지하도록 하였다. 그리고 재처리 염수의 저장조가 재처리장치 하부에 위치하도록 설계하여 재처리염수를 저장조에 담은채 이동할 수 있도록 하였다

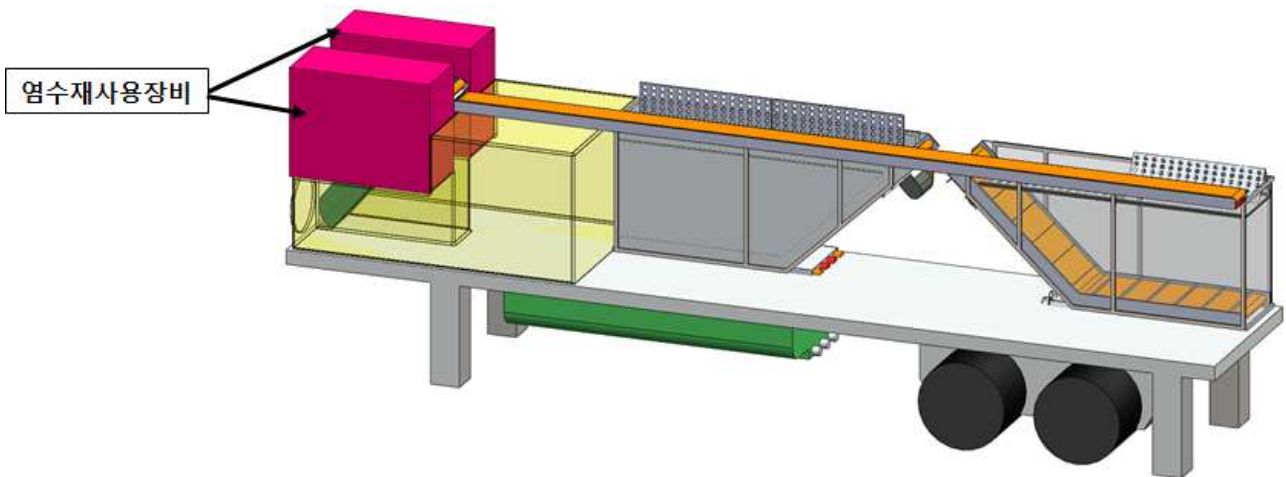


그림 66. 안전성 확보를 위한 염수 재사용장치의 위치 설정

#### 다. 이동식 배추절임 자동화장비의 현장적용 공정기술개발

2014년 1월 초에 완성된 이동식 배추절임 장비를 경기도 화성에서 전남 해남으로 이동시키면서 안전성을 시험하였다.

##### (1) 이동식 배추절임장비의 이동준비

트레일러 이동시 배추절임장비들의 안정성을 위해 트레일러의 무게중심이 하단부로 오도록 설치하고, 모든 염수를 염수회수조로 모으고 전기와 용수를 차단하였다. 그리고 배추호퍼를 접어 세우고 차양을 접은 후 발판을 접어서 고정시키고 외장천막의 가변프레임을 안쪽으로 밀어 넣은 다음 천막을 끌어당겨 고정시켰다. 이동준비에 2시간이 소요되었다.



그림 67. 이동식 배추절임 장비의 이동 후 설치

#### (2) 이동식 배추절임 자동화장비의 이동

대형트랙터에 이동식 배추절임 트레일러를 연결시키고(연결시 회전에 방해가 되지 않도록 바퀴커버 제거) 트랙터가 견인하여 이동하였다. 이동은 염수회수조에 염수 7톤을 채운 상태로 시속 80km/h로 전라남도 해남으로 2014년 1월 이동하였다. 이동 후 이동식 배추절임장비의 안정성을 확인한 결과, 염수회수조의 용접부위가 틈이 생기면서 일부 염수가 소량 누출되었으나, 용접봉을 추가하여 강도를 개선하였고, 차후 원통형으로 개선도 고려할 수 있다.

#### (3) 이동식 배추절임장비의 설치

이동식 배추절임장비의 설치는 포장된 부지(해남배추(주))에 트레일러를 정차하고 수평을 맞춘 후 전기(3상)와 용수를 연결하였다. 산지를 따라 이동시에도 3상전기가 구비된 농산물산지유통센터(APC)를 미리 확보하는 것이 필요하다. 접었던 발판을 설치하고 외장천막 가변프레임을 밖으로 밀어서 빼낸 다음 천막을 펼쳤고, 기계장치들을 청소하였다. 설치를 진행하면서 염수를 제조하여 가열한 후 재처리하고 보충하였다.

#### (4) 이동식 배추절임장비의 운영 매뉴얼

이동식 배추절임장비를 이동준비하면서부터 설치까지의 과정을 종합하여 매뉴얼을 제작하여 향후 운영자가 바뀌더라도 운행하기 쉽게 하였다.

표 5. 이동식 배추절임장비의 운영 매뉴얼

트레일러의 이동 구분	작업지침
1. 이동준비	가. 염수를 회수조로 모은다. 나. 전기와 용수를 차단한다. 다. 배추호퍼를 접어 세우고 차양을 접는다. 라 외장천막 지지봉을 중앙으로 밀어 넣는다. 마. 발판을 접고 외장천막을 끈으로 고정시킨다.
2. 이동	가. 트랙터 기사가 트랙터를 트레일러에 결합한다. 나. 배추절임 기사가 트레일러를 따라 함께 이동한다. 다. 사용한 부지를 청소하고 사용료를 지불한다.
3. 설치	가. 포장된 부지에 트레일러를 정차하고 수평을 맞춘다. 나. 전기(3상)와 용수를 연결한다. 다. 발판을 설치하고 외장천막 지지봉을 뽑아내어 천막을 고정시킨다. 라. 기계장치를 청소하고 염수를 제조하여 보충하고 가열한다. 마. 염수를 재처리하고 보충한다.



그림 68. 이동을 위한 트레일러 연결



그림 69. 트레일러 이동 시 고속도로 휴게소



그림 70. 이동식 배추절임장비 이동시작



그림 71. 이동식 배추절임장비 이동완료

### 3. 양념소넣기 자동화 기술 개발

김치는 한국인에게 비타민과 무기질을 공급하는 주요한 식품으로 열량과잉의 시대에 비만을 예방하고 건강을 지키는 파수꾼이다. 또한 배추, 고추, 마늘 등 주요 채소의 최종 소비형태로서 김치의 소비량에 따라 채소의 수급이 크게 영향을 받는다. 최근 채소가격의 폭락에는 중국산 김치의 수입증가로 국산 채소의 수요가 감소한 데에도 원인이 있다.

국산 김치의 가격이 중국산보다 2배 정도 비싼 이유는 재료비 단가 외에 노무비가 비싸기 때문이다. 김치공장의 노무비 비중은 제조원가의 15-30%를 차지하여 식료품제조업의 노무비 평균비중인 7%에 비하면 매우 높은데, 이는 제조공정이 수작업으로 이루어지기 때문이다. 특히 포기김치의 양념소넣기 공정은 노동력이 집약적으로 소요되므로 이 공정을 기계화하는 것이 김치의 제조원가를 낮추는 데에 꼭 필요하다.

배추김치의 양념소넣기 공정을 기계화하면 제조원가를 낮출 수 있고, 김치의 품질이 균일해지며, 김치의 위생안전성을 확보할 수 있어서 국산김치의 경쟁력을 강화할 수 있을 것이다.

#### 가. 양념소넣기 기술 조사

배추김치 양념소넣기의 기본은 고체성 절임배추에 액체성 양념을 혼합하는 것이다. 절임배추는 부드러운 물성의 배춧잎이 단축경을 중심으로 여러 층으로 뭉쳐있고, 양념은 다양한 입자가 함유된 불균일 상태의 반죽이어서 양념소넣기 공정을 기계화하기가 어렵다. 절임배추와 양념의 물성을 그대로 살린 김치를 제조하려면 현재와 같이 수작업으로 하는 수밖에 없다.

배추김치 양념소넣기 공정을 기계화하려면 절임배추의 물성을 개선하던지 양념의 물성을 개선하거나 절임배추와 양념의 물성을 모두 개선하여야 한다. 절임배추의 문제점은 절여진 배춧잎이 단축경에 붙어 있어서 사이를 벌리기가 어려운 것이므로 단축경을 잘라서 배춧잎을 날개로 해체하여 채김치를 담던가 배춧잎을 잘게 절단하여 막김치를 담는 것이다. 이 경우 배추(통)김치의 특성이 사라진다. 양념의 문제점은 무채나 썬파와 같은 길쭉한 입자와 고춧가루 등 작은 입자성 물질이 마늘다짐, 생강다짐 등에 불균일하게 섞여 있고, 호화전분이 점도를 높여서 양념이 배춧잎 사이에 들어가거나 좁은 노늘 구멍을 통과하기 어려운 점이다. 이는 파를 빼고 무채와 고춧가루는 곱게 마쇄하여 물성을 개선하면 배추(통)김치의 특성을 유지하면서 양념소넣기 공정의 기계화가 가능할 것이다.

#### (1) 양념소넣기 특허 조사

특허정보검색서비스(Kipris)로 양념소넣기 관련 특허를 조사하고 중요특허를 선별하여 기술사상을 연구 분석하였다. 관련특허는 총 77건을 검색하였고, 분석하였다. 이 중 12편을 분석하였다. 기술사상에 따라 교반식, 회전식, 분사식, 침지식 및 바름식으로 분류하고 특성을 연구하였다.

#### (2) 양념소넣기 장비의 현장 운용실태 조사

배추김치 양념소넣기 공정의 기계화에 대한 학술적 연구는 아직 찾아보기 어려우나 산업계

에서는 이미 여러 방법으로 기계화 구상과 시도를 하였고 부족하지만 일부 양념소넣기 기계장치가 현장에서 사용되고 있다. 대부분의 김치공장에서 막김치 제조용 혼합기를 보유하고 있으며 노동력이 부족한 경우 이 기계장치를 이용하여 포기김치를 제조하고 있다. 더러는 이를 발전시켜 유통기한이 짧은 업소용 김치를 제조하는데 실제로 사용하기도 하나 끝마무리는 수작업으로 하여야 한다.

#### 나. 양념소넣기 기술의 분석

##### (1) 교반식(blending technology)

개방용기에 절임배추와 양념을 넣고 교반날개가 고정된 축을 회전시켜 절임배추와 양념을 교반하는 방식으로 교반축의 각도에 따라 수평식, 수직식, 경사식이 있다.

##### (가) 수평교반식(horizontal blending, HB)

수평축의 교반날개가 장치되고 상부가 개방된 원통에 절임배추와 양념을 넣고 교반기를 회전시켜 절임배추와 양념을 혼합하는 방식으로 교반날개의 모양과 회전속도에 따라 혼합정도가 달라지나 배춧잎 사이사이까지 양념이 들어가게 하기에는 한계가 있어서 수작업으로 마무리를 해야 한다. 한국생산성본부 박찬주의 ‘포기김치 양념 속 넣기 혼합 자동화 장치’(1)가 대표적이며, 이경옥의 ‘김치 속 공급용 김치 제조장치와 그 제조방법’(2)에는 교반기에 양념을 정량주입하는 장치와 교반날개가 양념을 퍼 올릴 수 있는 장치가 추가되었고, (주)아워홈 구자학의 ‘배추 포기김치 제조방법 및 배추 포기김치의 김칫소넣기용 혼합기’(3)에는 양념의 점도를 낮추고 꼬임구조의 교반날개를 부착한 양념소넣기 자동화 기술이 설명되어 있다. 이외에 급식용 김치제조에 이용되는 양념혼합장치로는 (주)라이스코리아의 ‘양념혼합반전장치’(4)와 양념혼합장치를 상하로 이동시키는 장치가 추가된 (주)김치라인의 ‘양념혼합장치’(5)가 있다.

##### (나) 수직교반식(vertical blending, VB)

상부가 개방되고 하부가 둥근 원통을 수직으로 세우고, 수직의 교반날개 축을 회전시켜 절임배추에 양념이 섞여 들어가게 하는 방식으로 통의 직경과 절임배추의 쌓는 높이에 제한을 받게 되며, 교반날개의 모양과 보조교반날개의 위치에 따라 성능이 좌우된다.

##### (다) 경사교반식(slope blending, SB)

수평축의 교반날개가 내부에 장치된 원통을 경사지게 설치하고, 원통하단에 절임배추 투입구가, 원통상단에 배추김치 배출구가 부착되어 절임배추와 양념이 통 안에서 일정시간 교반되면서 이동하여 배출되는 방식이다. 통의 직경, 교반날개의 경사각과 나사산높이, 통의 경사각도 등을 조절하여 배추김치를 생산한다.

##### (2) 회전식(rotation technology)

절임배추와 양념을 원통에 넣고 원통 자체를 회전시켜 양념이 섞이도록 하는 방식으로 통의 회전축 각도에 따라 수평통식, 수직통식, 경사통식으로 나눈다.



(가) 수평회전식(horizontal rotation, HR)

절임배추와 양념을 원통에 넣고 원통을 수평으로 하여 회전시켜 양념이 섞이도록 하는 방식으로 절임배추에 양념이 섞이면서 출구쪽으로 이동하도록 원통 내측에 경사날개를 부착하고, 양념이 통 안에 머무르도록 통의 입구와 출구를 좁게 하며 통의 직경, 길이, 회전수로 양념의 섞임을 조절한다. 양희성의 ‘김치 속 혼합장치’(6)와 (주)한울농산의 ‘김치제조장치’(7)가 대표적이다.

(나) 수직회전식(vertical rotation, VR)

상부가 개방되고 하부가 둥근 원통이나 하부가 좁은 원뿔모양의 내벽에 경사진 나사산을 부착하고 통을 회전시켜 통 내부의 절임배추에 양념이 섞여 들어가게 하는 방식으로 통이나 원뿔의 경사각도, 나사산의 경사각과 높이, 원통의 회전속도에 따라 성능이 좌우된다.

(다) 경사회전식(slope rotation, SR)

상부에 뚜껑이 달리고 하부가 둥근 원통의 내벽에 경사지게 홈을 설치하고 절임배추와 양념을 넣은 다음 통을 경사지게 한 상태로 회전시켜 절임배추가 홈을 따라 올라가다가 양념으로 떨어지게 하여 양념이 절임배추의 내부까지 들어갈 수 있도록 하는 방식으로 통의 직경, 홈의 깊이, 통의 경사각도, 통의 회전속도에 따라 성능이 좌우된다.

(3) 분사식(injection technology)

배춧잎 사이를 벌리고 양념을 분사하여 넣는 방식으로 절임배추를 회전시켜 배춧잎을 벌리는 회전분사식과 로봇팔로 배춧잎을 한장씩 넘기는 넘김분사식, 압축공기로 벌리는 바람분사식이 있다.

(가) 회전분사식(revolving injection, RI)

회전(수평, 수직, 경사)하는 축에 절임배추의 단축경을 고정하고 회전시켜 배춧잎 사이가 벌어지게 하면서 회전축 외부에서 양념을 분사하여 벌어진 배춧잎 사이로 양념이 들어가도록 하는 방식이다. 회전축의 각도, 회전속도, 양념분사속도, 양념의 점도 등을 조절하여 배춧잎이 잘 벌어지고 배춧잎 사이로 들어간 양념이 다시 원심력에 의해 떨어져 나가지 않도록 하는 것이 관건이다. 세계김치연구소 한응수의 ‘배추김치 양념 속 넣기 기계장치’(8)가 대표적이고, 흥숙자의 ‘회전하는 배추에 김치속을 분사하여 만드는 자동김치 제조방법’(9)에는 절임배추를 자동으로 고정하고 분리하는 전자기식 탈착기술이 설명되어 있다.

(나) 넘김분사식(turning injection, TI)

절임배추의 단축경을 컨베이어에 같고리로 고정시키고 로봇팔로 배춧잎을 한장씩 넘기면서 양념을 분사하는 방식이다. 로봇팔이 배춧잎을 여하히 넘기느냐가 관건이며 컨베이어의 각도와 로봇팔의 위치를 조절하고 중력을 이용하면 수작업과 비슷한 방식으로 생산성을 높일 수 있을 것이다. 태산엔지니어링(주) 이영수의 ‘배추김치 제조장치’(10)가 대표적이다.

(다) 바람분사식(air injection, AI)

절임배추의 단축경을 상부에 고정시키고 하부로 늘어진 잎사귀 사이로 압축공기를 분사하여 잎사귀 사이를 벌린 다음, 뒤이어 양념을 분사하여 배춧잎 사이에 넣고 멈추는 방식으로 공기 분사와 양념분사가 짝을 이루어 작동하고 양념이 흘러내리지 않도록 점도를 조절하여야 한다.

(4) 침지식(dipping technology)

(가) 배추이동식(baechu moving, BM)

절임배추의 단축경을 고정한 상태로 체인이 수평이동 하면서 양념통 위에서는 수평이동과 상하이동을 반복하여 절임배추 잎사귀 사이에 양념이 섞여 들도록 하는 방식이다.

(나) 양념통이동식(ware moving, WM)

절임배추의 단축경을 고정한 판의 아래에서 양념통이 상하로 움직여 절임배추 잎사귀 사이에 양념이 섞여 들도록 하는 방식이다

(다) 배추 및 양념통 이동식(dual moving, DM)

절임배추의 단축경을 고정한 상태로 체인이 수평이동 하면서 양념통이 절임배추 아래에서 상하로 움직여 절임배추 잎사귀 사이에 양념이 섞여 들도록 하는 방식이다. 절임배추의 고정방법과 양념통의 상하좌우 이동속도를 조절하여 절임배추의 잎사귀 사이를 벌릴 수 있는냐가 관건이며, 양념의 점도 등 물성을 조절해야 한다. 세계김치연구소의 한응수가 출원한 ‘침지식 김치 양념소넣기 장치’(11)가 대표적이다.

(5) 바름식(spreading technology)

절임배추를 고정시킨 상태에서 배춧잎 사이를 벌리고 양념을 발라주는 방식이다.

(가) 솔바름식(brush spreading, BS)

솔을 양념통에 담가 양념을 묻힌 다음 벌어진 배춧잎 사이에 양념을 발라주는 방식이다. 솔에 양념이 묻는 정도, 솔의 부드러움, 솔의 안전성, 배춧잎을 벌리는 장치가 중요하며 한국과학기술원과 (주)씨제이제일제당의 ‘김치제조장치’(12)가 대표적이다.

(나) 손바름식(hand spreading, HS)

사람의 손과 유사한 구조와 기능을 갖는 장치로 벌어진 배춧잎 사이에 양념을 발라주는 방식으로 로봇기술을 적용하여 자동화하는 것이다.

다. 양념소넣기 장비의 특성 분석

배추김치 양념소넣기 장치 중에서 교반식 장치는 산업현장에서 일부 활용되고 있고, 회전식 장치는 연구개발 단계에 있으며, 분사식 장치와 침지식 장치와 바름식 장치는 아직 연구단계에 있다.

(1) 교반기(blender)

교반기는 대부분의 김치공장에서 양념혼합용으로 쓰고 있으며 배추김치 생산능력이 모자랄 경우 교반기에서 절임배추에 1차 양념을 혼합하고 수작업으로 추가 소냉기하여 마무리한다. 이 경우 회전하는 교반날개에 배추조직이 손상되어 품질이 낮아지므로 개선이 필요하다. 교반날개의 모양은 꼬임봉형, 주걱형, 국자형 등이 사용되고 있으나 배추의 조직손상이 적으면서 양념 소냉기 효과와 효율이 우수한 교반날개의 연구가 필요하다. 대표적인 교반날개의 모양은 그림 72~그림 76과 같다.

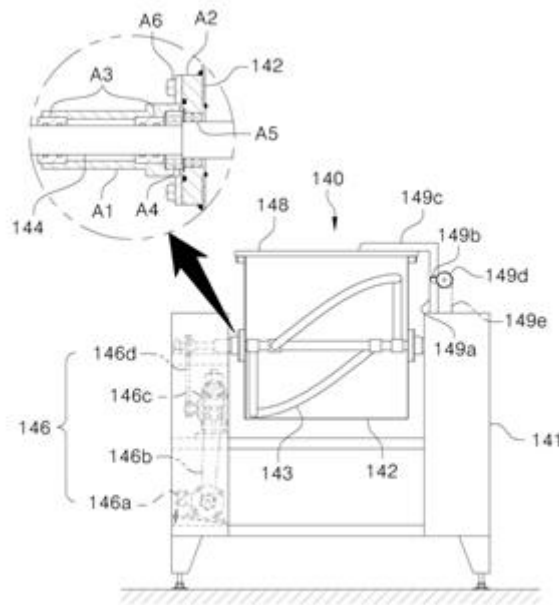


그림 72. 포기김치 양념 속냉기 혼합 자동화 장치, <한국생산성본부>

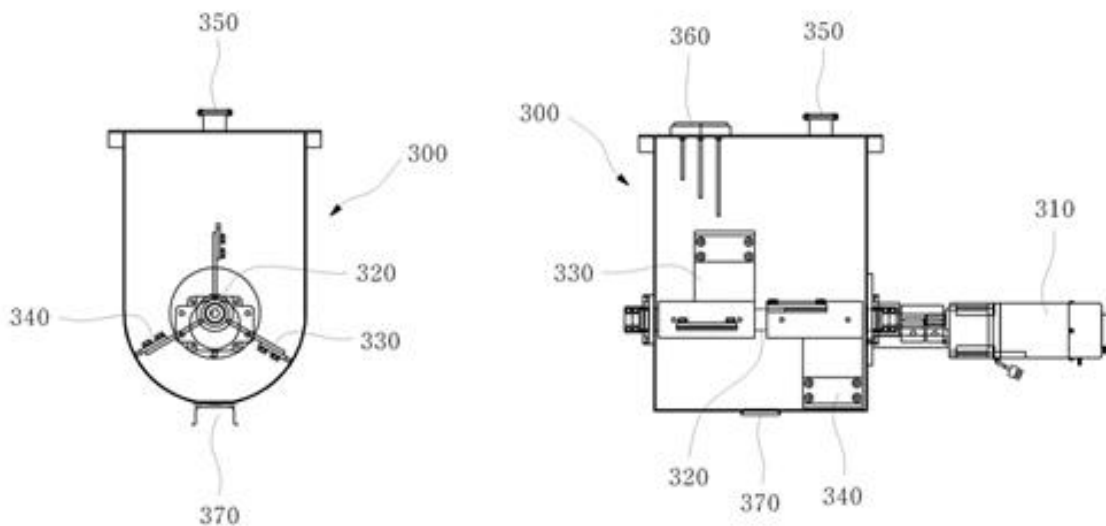


그림 73. 김치 속 공급용 김치 제조장치와 그 제조방법, <이경옥>

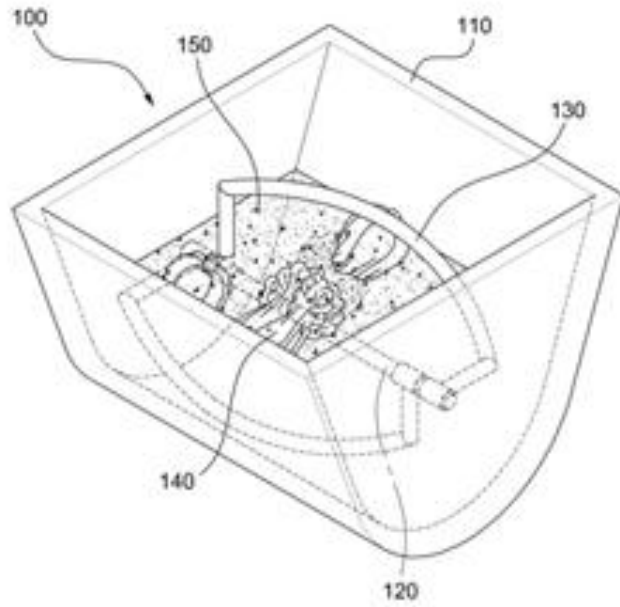


그림 74. 배추 포기김치 제조방법 및 배추 포기김치의 김칫소냉기용 혼합기, <아워홈>

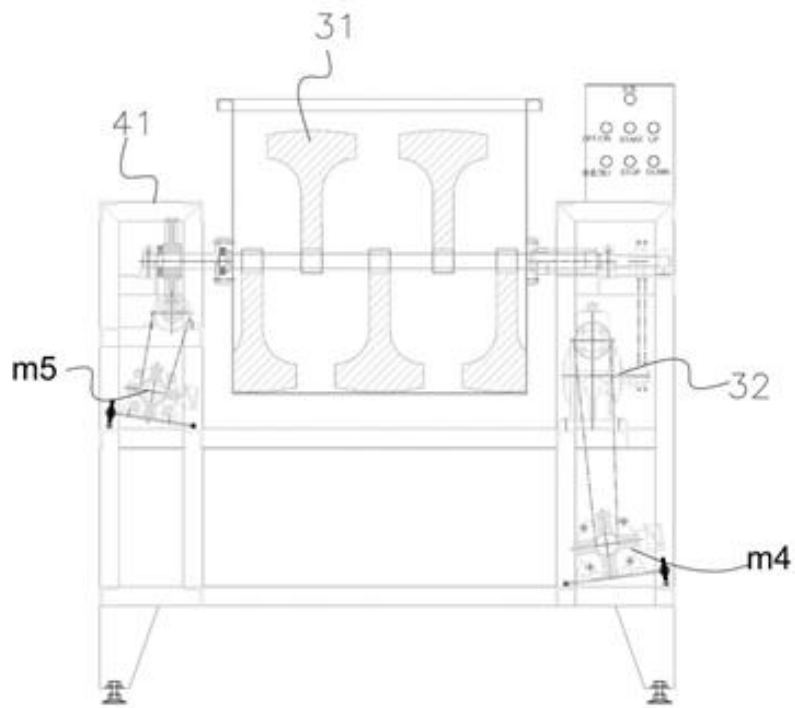


그림 75. 양념혼합반전장치, <주라이스코리아>

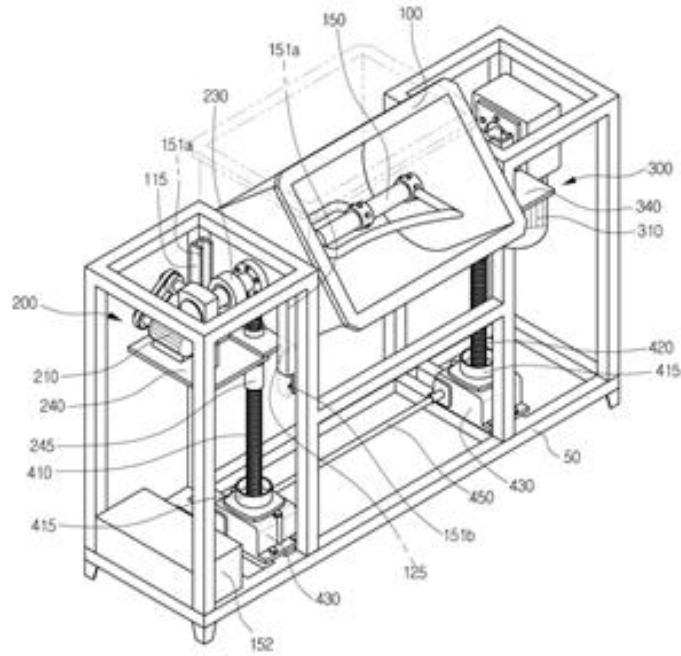


그림 76. 양념 혼합 장치, <㈜김치라인>

(2) 회전통(rotator)

회전통은 아직 배추김치 양념소냉기에 적용되지 있지 않고 연구개발 단계에 있으며, 대표적인 모형은 그림 77 및 그림 78과 같다.

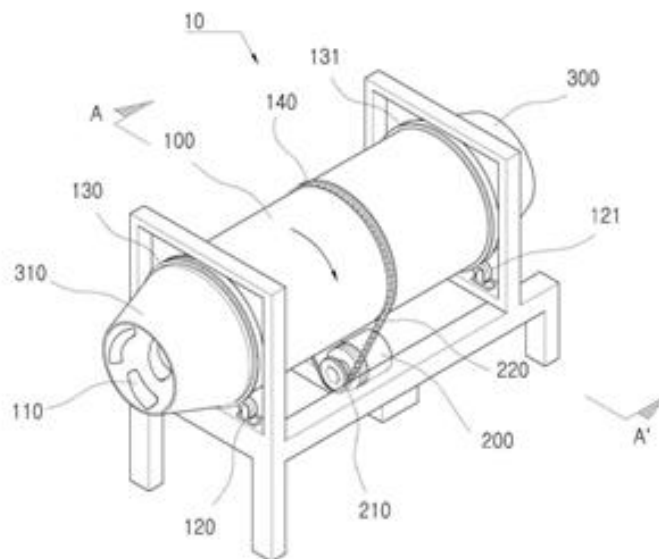


그림 77. 김치 속 혼합장치, <양희성>

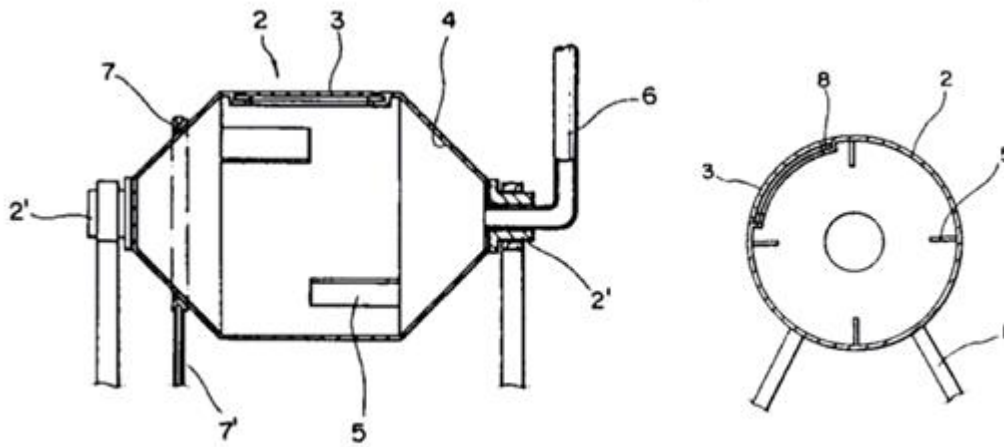


그림 78. 김치 제조장치, <㈜한울농산>

(3) 분사기(injector)

양념분사기도 아직 구상 단계에 있으며 대표적인 모형은 그림 79에서 그림 80과 같다.

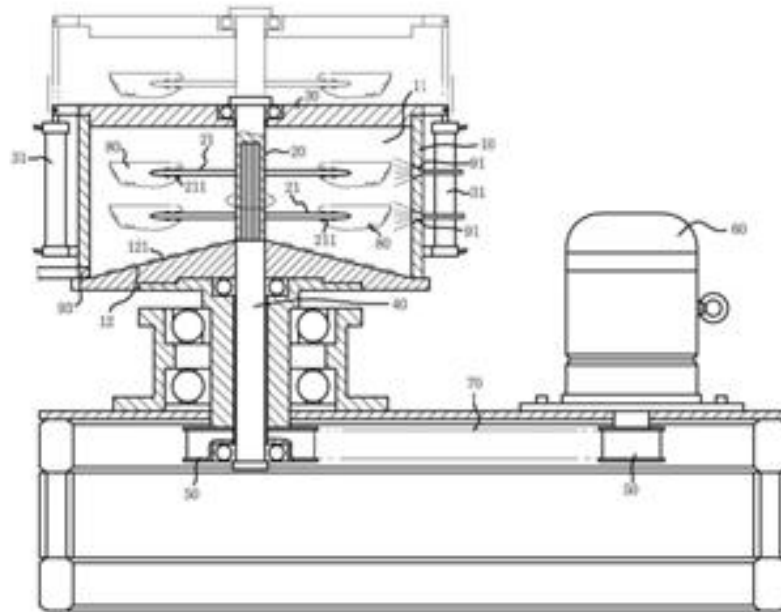


그림 79. 배추김치 양념 속 넣기 기계장치, <세계김치연구소>

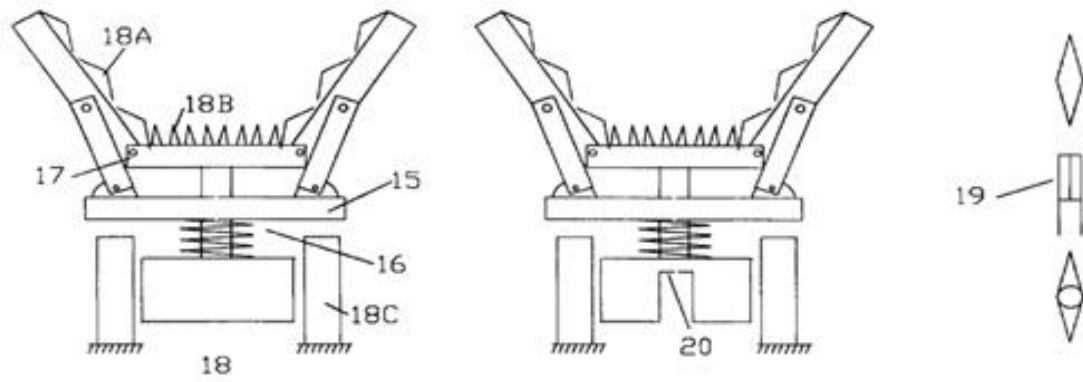


그림 80. 회전하는 배추에 김치속을 분사하여 만드는 자동김치 제조방법, <홍숙자>

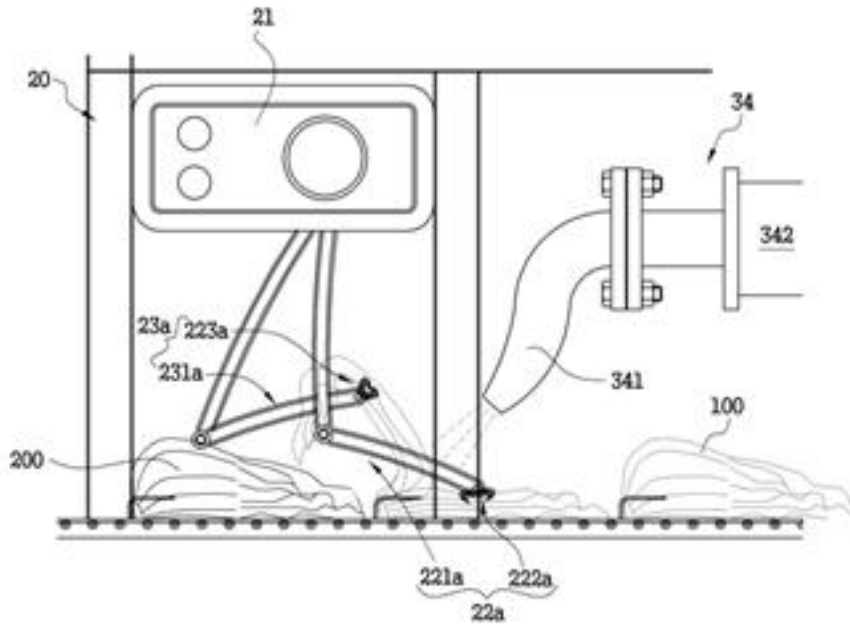


그림 81. 배추김치 제조 장치, <㈜태산엔지니어링>

(4) 침지기(dipper)

배추침지기도 연구 중에 있으며 대표적인 모형은 그림 82와 같다.

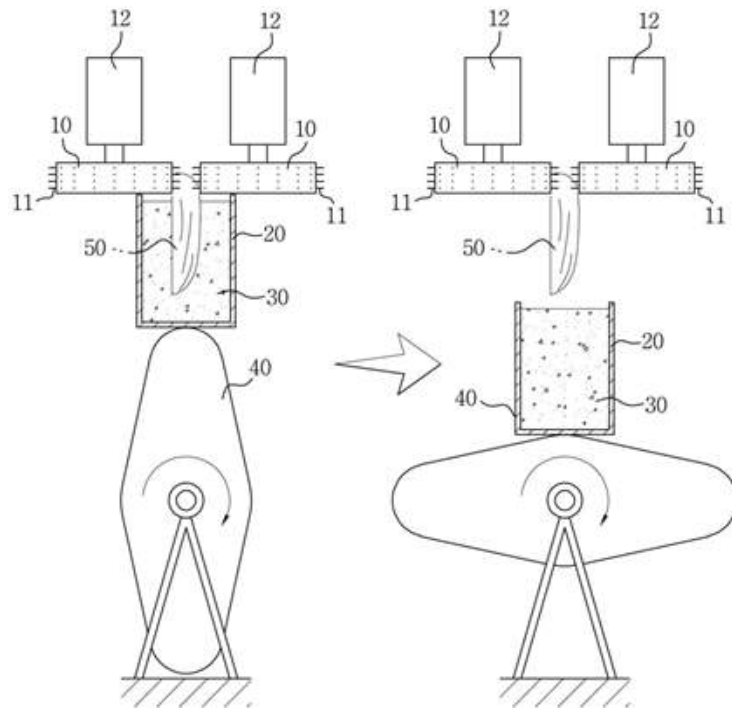


그림 82. 침지식 김치 양념소넣기 장치, <세계김치연구소>

(5) 바름기(spreader)

양념바름기는 시험용 소규모 장치를 제작하여 개선 중이며 대표적인 모형은 그림 83과 같다.

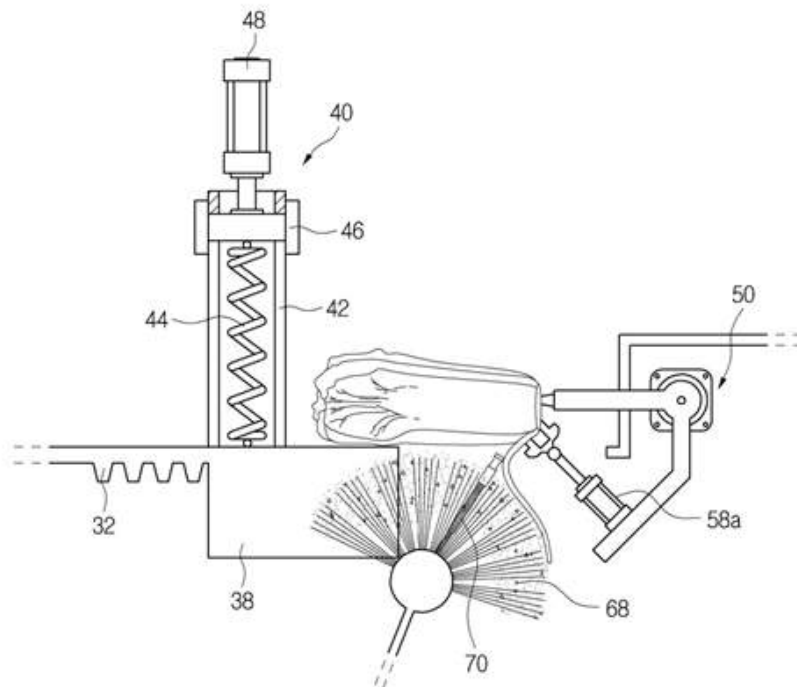


그림 83. 김치 제조 장치, <한국과학기술원, (주)씨제이제일제당>



## 라. 양념소넣기 장비의 특성 시험

### (1) 경사교반식 양념소넣기 장비의 시험

이 장비는 세계김치연구소에서 주요사업으로 개발하여 연구중인 것으로 절임배추와 마쇄한 페이스트 상태의 양념소를 나선형 날이 있는 회전통에 넣고 중앙의 스크류를 회전시키면 절임배추가 나선형의 날을 따라서 이동하며 양념과 혼합되는 방식의 김치 양념소넣기 장치이다. 시험결과 절임배추의 겉과 중간부까지 양념이 혼합되나 밑둥부분은 양념이 들어가지 않아서 손으로 마무리 하여야하고, 양념이 김치출구로 함께 흘러나오는 단점이 있고, 스크류와 회전통 사이에 절임배추가 끼일 우려가 있다.



그림 84. 경사교반식 양념소넣기 장치 시험

### (2) 수평교반식 양념소넣기 장비의 특성 시험

현재 김치공장에서 막김치의 제조 시 사용하고 있는 교반식혼합기(110cm×100cm×150cm, 가로×세로×높이)에 절임배추 158.7kg과 양념 23.7kg을 넣고 30초간 교반(rpm30)하여 혼합한 다음, 나머지 양념 15.8kg은 손으로 소넣기를 하여 마무리하고 4℃에서 5주간 숙성하면서 품질을 평가하였다. 이 때 배추는 2014년산 하우스 배추를 사용하였고 양념재료는 무, 찹쌀풀, 고춧가루, 멸치액젓, 마늘, 양파, 새우젓, 생강, 표고버섯, 엽경채류, 설탕, 소금이고, 재료비율은 시판 배추김치의 일반적인 재료배합비율을 사용하였다.



그림 85. 수평교반식 혼합기를 사용한 김치제조 시험

마. 수평교반식 양념소넣기 자동화장비로 생산한 김치의 품질평가

본 연구에서는 김치의 생산성 향상을 위해 양념소넣기 자동화장치로 김치를 제조하여 품질을 평가하였다. 즉, 현재 김치공장에서 막김치 제조 시 양념혼합공정에서 사용 중인 수평교반식 장치에 절임배추와 양념을 넣고 1차 혼합한 다음 수작업으로 추가 양념을 넣어 완성하고 저장하면서 기존의 전체를 수작업으로 제조한 김치의 품질과 비교하여 평가하였다.

(가) 재료 및 방법

① 염도

염도는 Mohr법으로 김치 500g을 채취하여 교반기(Philips, HR1372)로 마쇄한 후, 시료 1g을 100배 희석하고 희석액을 여과지(NO. 1, Advantec, Japan)로 걸러서 측정하였다. 여과액 10mL을 취하여 2%  $K_2CrO_4$  1mL를 넣고, 0.02 N  $AgNO_3$ 로 적정하여 적정 소비량을 다음의 식으로 환산하여 염도(%)를 계산하였다.

$$\text{염도}(\%) = \frac{\text{소비된 } AgNO_3 \times 0.00117 \times AgNO_3 \text{ factor} \times \text{희석배수}}{\text{시료채취량}(g)} \times 100$$

② pH 및 산도

배추김치 500g을 마쇄하고 4겹의 거즈로 여과한 후 pH는 pH meter(Orion star211, Thermo scientific, UAS)로 측정하였고, 산도는 여과액 10mL을 취하여 자동뷰렛(Titrolineeasy, pH Electrode blueline 12, SCHOTT instrument, Germany)으로 pH가 8.3이 될 때까지 0.1 N NaOH 용액으로 적정하였고 적정 소비량을 다음 식으로 환산하여 산도(%)로 계산하였다.

$$\text{산도 (\%)} = \frac{\text{소비된 } 0.1N \text{ NaOH} \times \text{NaOH역가} \times 0.009}{\text{적정에 사용된 시료액의 양}} \times 100$$

### ③ 환원당

박 등(12)의 DNS(dinitrosalicylic acid) 비색정량법을 참고하여 환원당은 시료 500g을 마쇄한 후, 시료 1g을 증류수로 희석(50 mL)하여 여과한 여과액(Whatman, no. 1) 1mL에 DNS 시약 3mL를 넣어 vortex mixer로 혼합하고 끓는 물에 5분간 중탕한 후 방냉하고 증류수 16mL로 희석하여 분광광도계(Simadzu UV1800, Japan)로 550nm에서 흡광도를 측정하였다. 포도당 표준용액을 같은 방법으로 시험하여 검량선을 작성한 후 시료 중의 환원당 함량을 계산하였다.

### ④ 조직감

조직감은 배추의 속에서 10cm 이상의 잎 중 5번째 잎을 선별하고 아래에서 3~8cm 부위를 폭 2cm로 절단하여 Texture Analyzer(Model TAXT-2, Stable Micro Systems, Ltd., England)를 사용하여 3회 반복 측정하였다. 측정조건은 pretest speed 1.00 mm/s, test speed 1.00 mm/s, posttest speed 10.0 mm/s, strain 90.0% 이고, probe와 plate는 Han(13)의 방법과 같았으며, 조직감은 배추 줄기의 굽힘성을 측정하여 강도(strength), 인성(toughness), 변형성(stiffness)으로 표현하였다.

### ⑤ 관능평가

배추김치 2종에 대하여 관능검사 전문패널 12명을 대상으로 외관, 색, 향, 질감, 신맛, 전체적인 맛, 전체적인 품질을 5주간 평가하였다. 배추김치를 2cm×4cm 크기로 자른 후 20g을 용기에 담아 제공하였으며, 물과 크래커를 같이 제공하여 시료간의 교호작용을 최소화 하였다. 평가는 ‘매우 나쁘다’ 1점, ‘나쁘다’ 2점, ‘약간 나쁘다’ 3점, ‘보통이다’ 4점, ‘약간 좋다’ 5점, ‘좋다’ 6점, ‘매우 좋다’ 7점의 Likert 7점 척도법으로 조사하였다.

### ⑥ 자료 분석 및 통계처리

자료는 SPSS PASW Statistics 19.0 통계패키지를 이용하여 분석하였으며, 배추김치의 이화학적 실험결과는 독립표본 T-test로 분석하였고, 관능검사에서의 시료간 차이는 비모수분산분석방법인 Mann-Whitney 방법으로 분석하였다.

#### (나) 결과 및 고찰

##### ① 염도

혼합장치를 사용하여 양념소냉기한 배추김치와 수작업으로만 소냉기 작업을 한 배추김치를 4°C에서 저장하며 염도를 측정한 결과 저장기간에 따라 염도의 경시적인 변화는 있었으나, 제조방식에 따른 염도의 차이는 없었다. 저장기간 동안 염도의 범위는 혼합장치를 사용하여 김치 소냉기한 배추김치가 1.9%~2.13%로 약간의 차이는 있었지만 일정하였고, 수작업으로 소냉기한 배추김치는 1.95%~2.03%로 측정되었다. 저장 3주차의 염도에서 혼합장치를 사용하여 양념 소냉기한 배추김치의 염도가 2.13%로 수작업으로 소냉기한 배추김치의 2.03보다 높았으나 4주차와 5주차에서 다시 두 가지의 배추김치가 각각 1.93%, 2.03%로 측정되어 혼합장치를 사용하

여 소냉기한 배추김치의 염도가 더 낮았다.

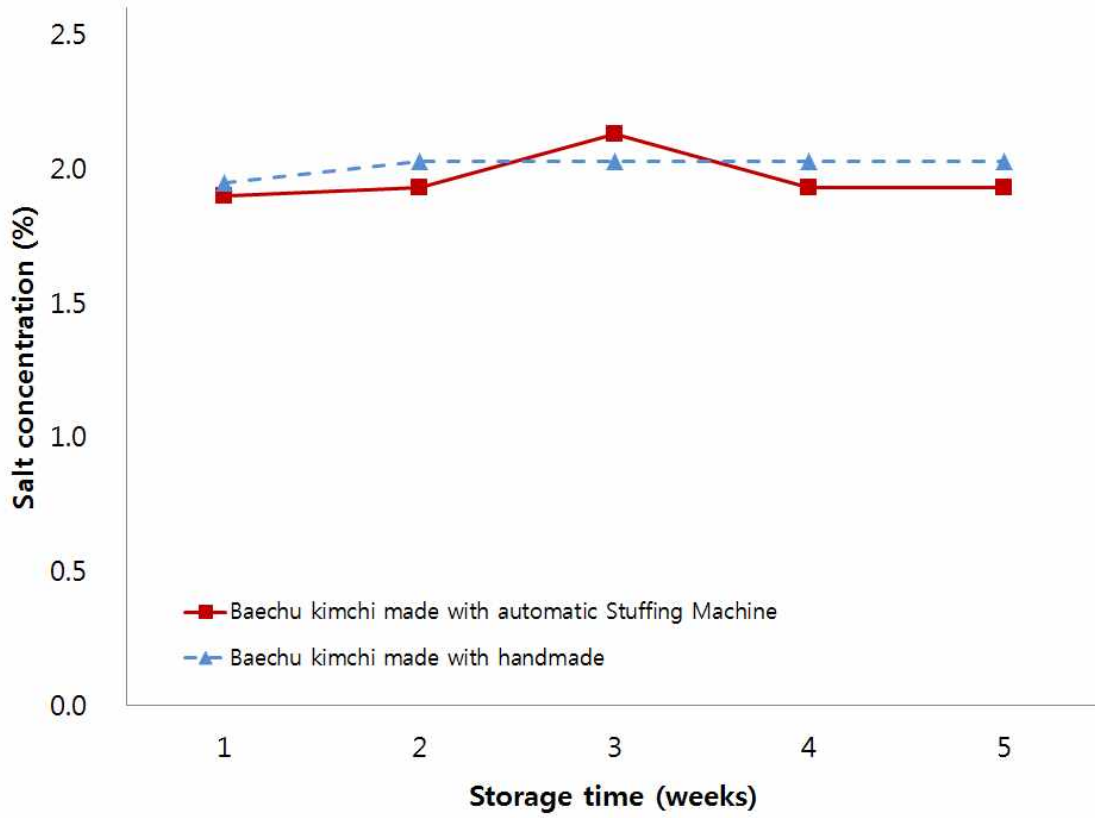


그림 86. 양념소냉기 방식이 다른 배추김치의 염도변화

## ② pH 및 산도

혼합장치를 사용하여 양념소냉기한 배추김치와 수작업으로만 소냉기 작업을 한 배추김치의 pH와 산도를 1주일 단위로 측정하여 비교한 결과 그림 87과 같이 두 가지 배추김치의 측정값이 비슷하였다. 두 가지 배추김치의 pH 변화량 또한 비슷하였는데 혼합장치로 제조한 배추김치의 pH가 1주차에 5.75에서 5주차 4.16으로 서서히 낮아졌으며, 수작업으로 소냉기한 배추김치 또한 1주차 5.74에서 5주차 4.19로 서서히 낮아져 pH 변화양상이 비슷하였다. 산도의 결과에서도 제조방식이 다른 두 가지의 배추김치 모두 1주차부터 3주차까지 급격히 상승하였는데, 1주차의 산도가 혼합장치를 사용하여 소냉기한 배추김치는 0.22, 수작업으로 소냉기 작업을 한 배추김치의 산도는 0.21 이었고, 2주차에서는 혼합장치를 사용하여 소냉기한 배추김치의 산도가 0.68으로 수작업으로 소냉기한 배추김치의 0.59보다 약간 높았으나, 3주차의 산도 측정결과 두 가지의 배추김치의 산도가 모두 0.98로 같았다. 3주차 이후 제조방식이 다른 두 종류의 배추김치의 산도는 비슷하게 증가하여 5주차에 혼합장치를 사용하여 소냉기한 배추김치의 산도가 1.05였고, 수작업으로 소냉기한 배추김치는 1.01이었다. 따라서 두 종류의 배추김치의 pH와 산도의 측정결과는 저장기간 동안 변화양상이 유사하였으며, 측정값의 통계적인 유의미한 차이는 없었다.

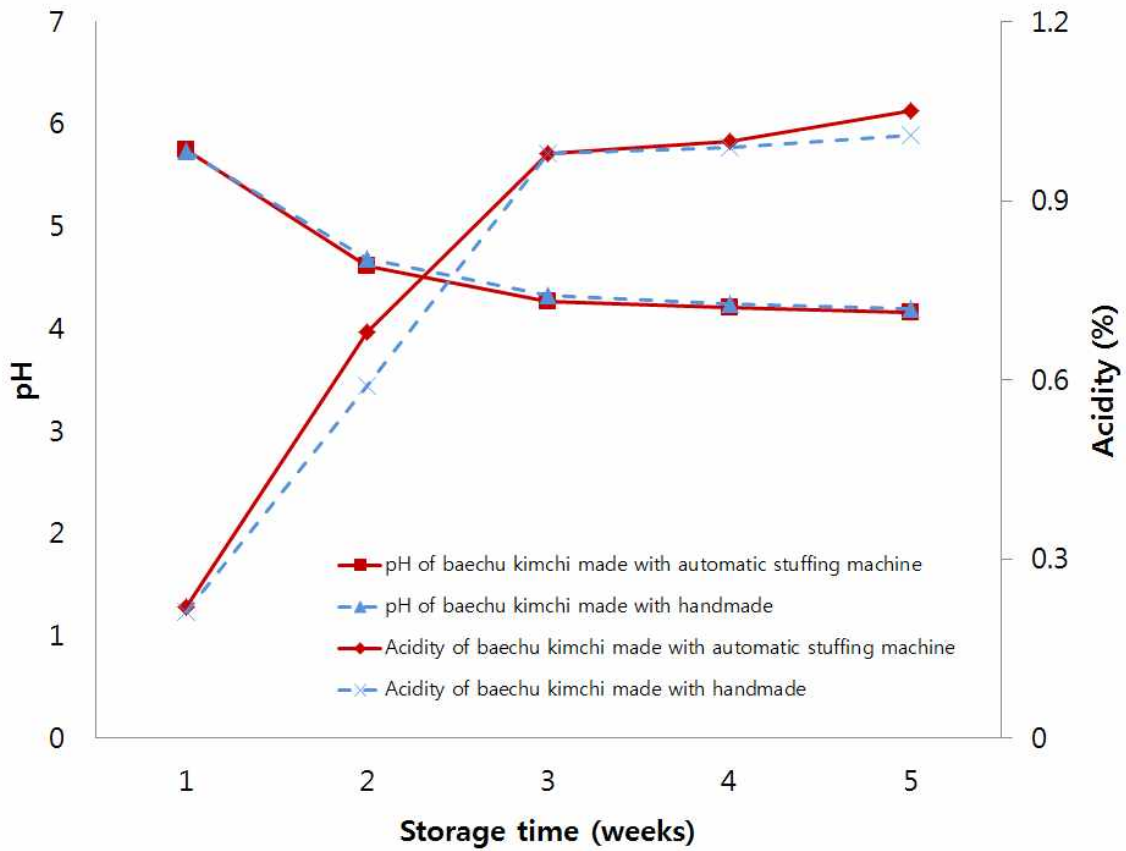


그림 87. 양념소넣기 방식이 다른 배추김치의 pH 및 산도 변화

### ③ 환원당

배추김치의 소넣기 제조방법이 다른 두 가지의 배추김치를 4℃에서 저장하며 환원당 함량을 측정된 결과 1주차에서 2주차까지는 혼합장치를 사용하여 김치 소넣기한 배추김치의 환원당 함량이 각각 3.63mg%, 3.75mg%로 수작업으로 소넣기한 배추김치의 3.16mg%, 3.29mg%보다 높았으나, 3주차에서 환원당이 급격히 하락하여 혼합장치를 사용하여 김치 소넣기한 배추김치가 2.91%로 수작업으로 소넣기한 배추김치의 3.14mg%보다 더 낮게 나타났으며, 이 후 서서히 낮아져 5주차에 혼합장치를 사용하여 김치 소넣기한 배추김치는 2.42mg%, 수작업으로 소넣기한 배추김치는 2.52mg%로 측정되었다. 배추김치에서 환원당은 절임배추, 마늘, 무 등에서 유래되며 김치의 발효과정에서 미생물의 탄소원으로 사용되어 김치의 단맛과 신맛에 영향을 준다. 따라서 그림 88에서 산도가 높아지는 기간인 3주차까지의 기간에서 환원당의 함량이 줄어든 것과 유사하였다. 저장기간 동안 환원당의 함량은 제조방식에 따라 차이는 있었지만, 통계적으로 유의미한 차이는 나타나지 않았다.

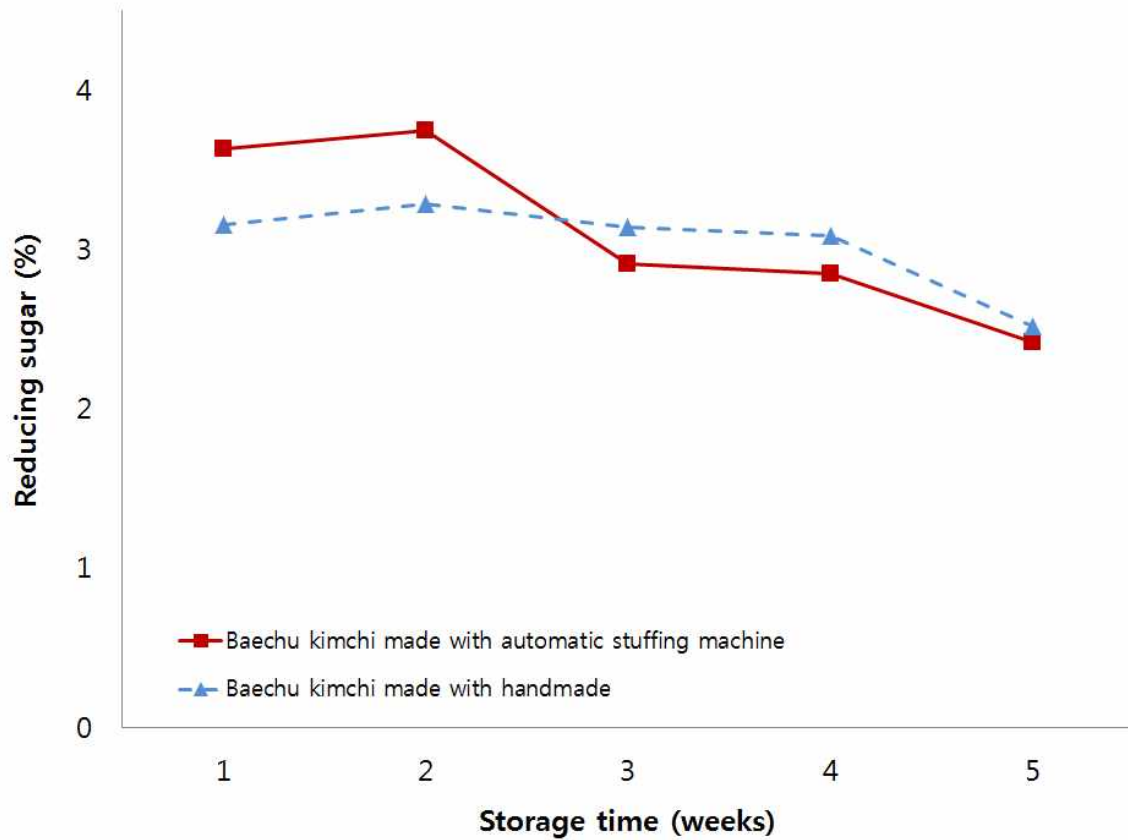


그림 88. 양념소넣기 방식이 다른 배추김치의 환원당 변화

#### ④ 조직감

조직감은 배추김치의 품질측정 요소 중 하나이며 보통 김치의 신선미를 나타낸다고 한다(7). 또한 배추김치의 소넣기 과정에서 절임배추의 물성은 작업공정의 난이도를 결정하는 주요요소이다. 본 실험에서 배추김치의 조직감을 세 가지의 물리적 성질로 측정하였는데, 일반적으로 조직감을 측정하는 경도, 강도, 인성, 변형성의 성질 중 강도, 인성, 변형성을 측정하였다. 강도(strength)는 외부에서 물리적인 힘을 가하였을 때 외부의 단단함을 포함하여 내부반발력을 나타내는 지표이며, 인성(toughness)은 재료의 파괴력에 대한 질감을 나타내며, 변형성(stiffness)은 탄성적 복원력으로 물리적인 압력에 의한 변형의 반발력이다. 혼합장치를 사용하여 김치 소넣기한 배추김치와 수작업으로만 소넣기 작업한 배추김치의 조직감을 측정한 결과는 그림 89와 같이 강도를 나타낸 그래프에서 1주차에서 2주차 사이에 크게 낮아졌고 그 이후로는 비슷하였다. 두 가질 배추김치의 각각의 측정값은 혼합장치를 사용하여 양념소넣기한 배추김치는 1주차에 280g이었으나, 2주차에 105g으로 감소했으며, 수작업으로 소넣기한 배추김치의 강도는 1주차에 180g이었고 2주차에는 98g으로 감소하였다. 초반 1주차의 측정결과에서는 처리구별 값의 차이가 유의미하게 있었으나( $p < 0.05$ ), 2주차부터는 차이가 없었다. 인성을 측정한 결과에서도 처리구별로 1주차에서 혼합장치를 사용하여 김치 소넣기한 배추김치가 668g.sec로 수작업으로 소넣기한 배추김치의 482g.sec보다 높게 측정되었으며, 2주차에서는 두 가지 김치 모두 급격히 감소하여 각각 225g.sec, 164g.sec로 측정되었다. 그 이후로는 비슷하게 유지되었으나 5주차에는 수작업으로 소넣기한 배추김치가 348g.sec로 혼합장치를 사용하여 소넣기한 배추김치

의 측정값인 320g.sec보다 높았다. 두 종류의 김치에 대한 변형성을 측정된 결과에서도 1주차에서 2주차에 측정값이 급격히 감소하였으며 그 이후 비슷하게 유지하였다.

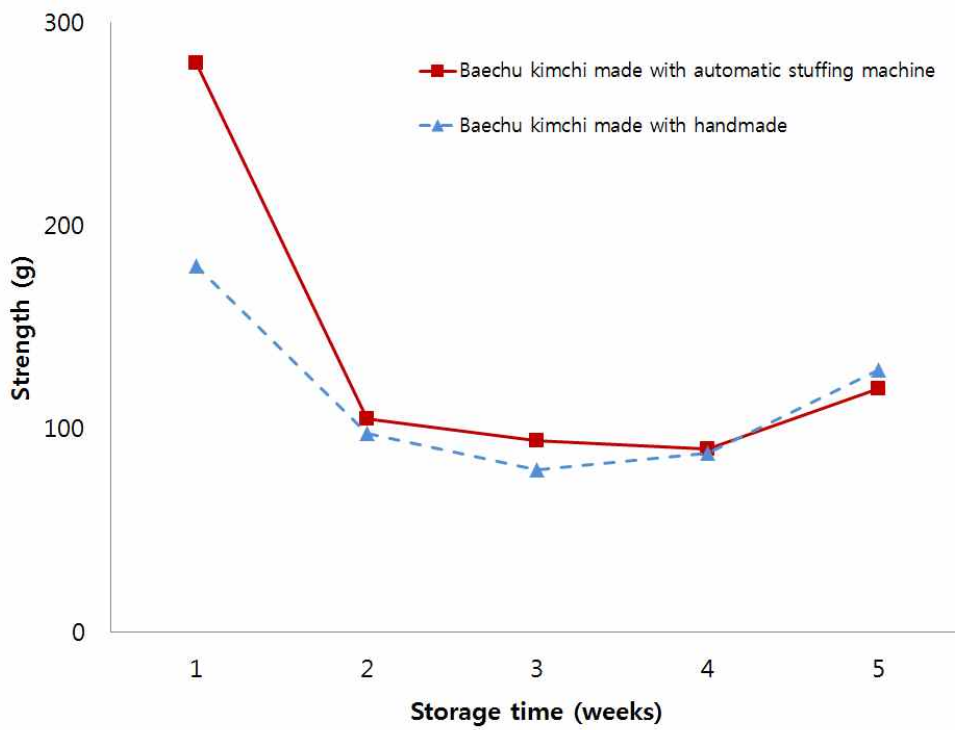


그림 89. 양념소넣기 방식이 다른 배추김치의 강도(strength) 변화

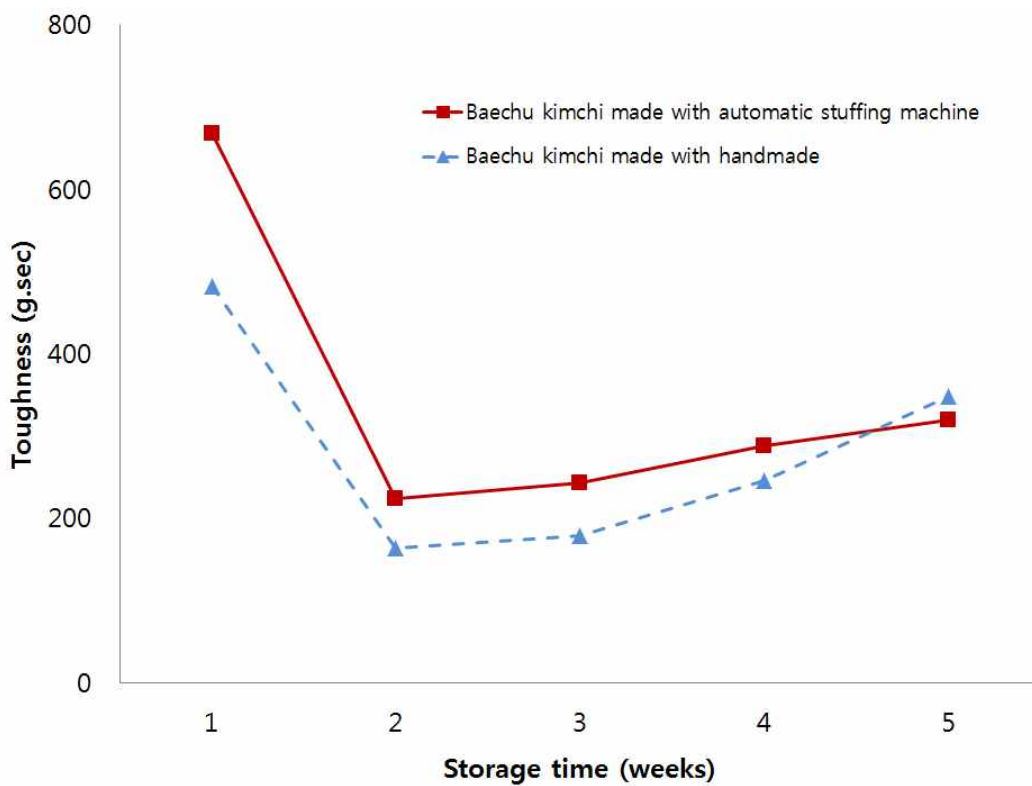


그림 90. 양념소넣기 방식이 다른 배추김치의 인성(toughness) 변화

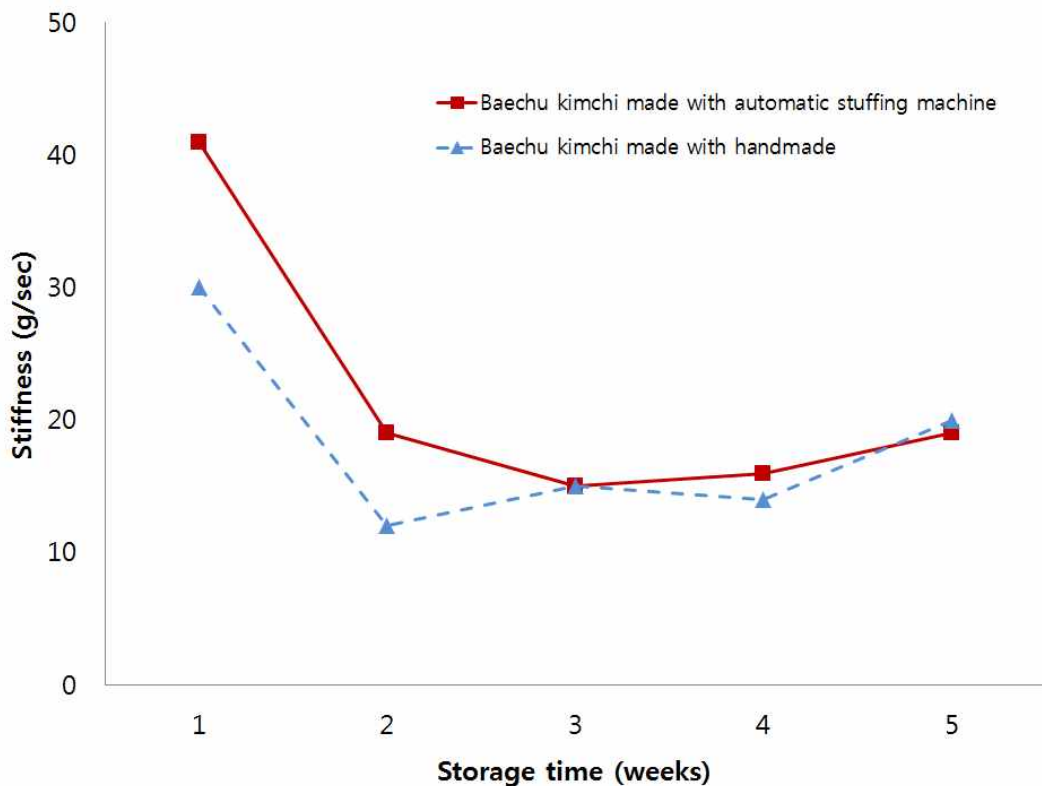


그림 91. 제조방식이 다른 배추김치의 변형성(stiffness) 변화

### ⑤ 관능평가

혼합장치를 사용하여 양념소넣기한 배추김치와 수작업으로 소넣기한 배추김치를 4℃에서 저장하며 총 5주간 전체적인 품질, 색, 향, 외관, 질감, 전체적인 맛, 단맛, 신맛, 짠맛에 대한 관능평가를 실험하였다. 혼합장치를 사용하여 김치 소넣기한 배추김치의 전체적인 품질은 표 6과 같이 1주차에 4.67로 4점인 ‘보통이다’ 이상이었고, 이 후 점차 점수가 높아져 4주차에는 5.40으로 가장 좋았으며, 5주차에는 낮아져서 다시 4.67이었다. 수작업으로 소넣기한 배추김치 또한 1주차에 4.64로 ‘보통이다’ 이상이었고 2주차에 5.09, 3주차에 4.40으로 약간의 차이는 있었으나 4주차에 5.10으로 높게 측정되었으며, 5주차에는 4.82로 약간 감소하였다. 전체적인 품질에서 혼합장치를 사용하여 양념소넣기한 배추김치와 수작업으로 소넣기한 배추김치 간에 유의미한 차이는 나타나지 않았다. 외관과 색, 향에서도 두 가지의 배추김치가 모두 저장기간 동안 ‘보통이다’인 4.00점 이상으로 평가되었으며, 4주차까지 높아지다가 5주차에 약간 감소하는 경향을 나타내었다. 질감에 대한 관능평가에서 제조방식이 다른 두 가지의 배추김치에서 1주차의 관능평가 결과 혼합장치를 사용하여 양념소넣기한 배추김치의 점수가 5.18로 수작업으로 소넣기한 배추김치의 4.64 보다 높은 것으로 측정되었다. 그 이후 2주차와 3주차의 결과에서는 수작업으로 소넣기한 배추김치가 각각 5.27, 4.60으로 혼합장치를 사용하여 양념소넣기한 배추김치의 5.18, 4.40보다 높았으며, 4주차에는 다시 혼합장치를 사용하여 양념소넣기한 배추김치의 평가 점수가 5.30으로 수작업으로 소넣기한 배추김치의 4.80보다 높은 것으로 나타났으나 질감에 대한 두 가지 김치의 유의미한 차이는 나타나지 않았다. 전체적인 맛에 대한 관능평가에서도 제조방식이 다른 두 가지의 김치가 측정기간 동안 모두 ‘보통이다’ 이상의 결과로 나타났으나, 저



장 3주차에서 혼합장치를 사용하여 양념소냉기한 배추김치의 관능평가 점수가 5.10으로 수작업으로 소냉기한 배추김치의 4.40보다 유의미하게 더 높았다( $P < 0.05$ ). 짠맛과 단맛에 대하여 저장기간 동안 두 가지의 김치 모두 '보통이다'의 4.00의 점수 이상으로 나타났으며, 신맛의 경우 1주차에서는 두 종류의 김치 모두 '보통이다'보다 낮은 3.82, 3.91의 점수를 보였으나, 그 이후부터는 증가하여 '보통이다'보다 높은 점수로 평가되었다. 짠맛, 단맛, 신맛에 대한 각각의 관능평가 결과에서 두 종류의 김치의 통계적인 차이는 나타나지 않았다.

#### 바. 양념소냉기 자동화 장비의 개발 방향

배추김치의 양념소냉기 공정을 자동화 하는 것은 김치의 제조원가를 20% 정도 낮출 수 있는 중요한 기술이다. 아직 초보적인 연구단계이지만 기계, 전자, 생물 등의 관련 전문가들이 협동하여 연구하면 대표적인 융복합 연구성과가 기대되는 분야이다. 대한민국 김치가 중국산 김치에 대한 경쟁력을 확보하여 김치중주국의 위상을 확고하게 할 수 있도록 산학연관의 합심노력이 이 분야에 특히 필요하다.

개발방향은 첫째는 현행 교반식 장비를 개선하여 양념의 혼합율을 높이는 방향으로 연구하는 것이고, 둘째는 양념의 물성을 개선하여 혁신적인 기술과 장비를 개발하는 것이다. 두 번째 방식이 기계화와 자동화가 용이하나 이 방식으로 제조한 김치의 양념이 현재와 다른 액상이라서 소비자의 기호도에 맞추는 연구가 병행되어야 한다.

㉞ 6. Sensory evaluation scores of baechu kimchi made with automatic stuffing machine and handmade kimchi

Weeks		1	2	3	4	5
Overall Quality	Stuffed1)	4.64±1.033) ns	4.73±0.79 ns	5.00±0.82 ns	5.40±0.97 ns	4.64±0.92 ns
	Handmade2)	4.64±0.92 ns	5.09±0.83 ns	4.40±0.97 ns	5.10±0.74 ns	4.82±1.17 ns
Appearance	Stuffed	4.36±1.43 ns	4.45±1.04 ns	4.80±1.03 ns	5.50±0.85 ns	4.82±1.33 ns
	Handmade	4.73±0.79 ns	5.09±0.70 ns	4.90±1.10 ns	5.40±0.97 ns	5.09±1.04 ns
Color	Stuffed	4.64±1.29 ns	4.55±0.82 ns	5.00±1.15 ns	5.40±0.97 ns	5.09±1.30 ns
	Handmade	4.82±1.08 ns	5.09±1.04 ns	4.80±0.63 ns	5.60±0.97 ns	5.27±1.01 ns
Odor	Stuffed	4.45±1.13 ns	4.18±1.08 ns	4.80±0.63 ns	5.10±0.88 ns	4.36±1.03 ns
	Handmade	4.55±0.82 ns	4.73±0.90 ns	4.10±1.10 ns	5.20±0.92 ns	4.27±1.27 ns
Texture	Stuffed	5.18±0.87 ns	5.18±0.87 ns	4.40±1.07 ns	5.30±0.67 ns	4.55±0.93 ns
	Handmade	4.64±0.92 ns	5.27±0.65 ns	4.60±0.70 ns	4.80±0.92 ns	4.73±1.27 ns
Overall Taste	Stuffed	4.55±1.13 ns	4.73±1.19 ns	5.10±0.57*	5.30±1.06 ns	4.82±1.08 ns
	Handmade	4.55±1.21 ns	4.91±1.14 ns	4.40±5.40*	5.10±0.74 ns	4.91±1.04 ns
Salty	Stuffed	4.30±1.22 ns	4.50±0.85 ns	4.70±0.82 ns	4.80±1.14 ns	4.20±0.92 ns
	Handmade	4.00±1.25 ns	4.60±1.25 ns	4.20±0.70 ns	4.80±0.92 ns	4.50±0.71 ns
Sour	Stuffed	3.82±0.98 ns	4.73±1.19 ns	4.80±0.63 ns	5.20±1.14 ns	4.82±1.17 ns
	Handmade	3.91±1.22 ns	4.45±0.93 ns	4.20±0.79 ns	4.90±0.74 ns	5.09±1.22 ns
Sweety	Stuffed	5.30±0.95 ns	4.70±1.06 ns	5.40±0.70 ns	4.90±1.45 ns	4.60±0.84 ns
	Handmade	5.10±1.45 ns	5.20±1.45 ns	4.50±1.08 ns	4.90±0.88 ns	4.70±1.06 ns

1)Baechu kimchi made with automatic stuffing machine

2)Baechu kimchi made with handmade

3)Average±SD.

4)NS=not significantly different(P>0.05), \*=Significantly different(P<0.05)

## 제2절 절임염수의 재사용 방법 및 친환경 처리기술 개발

### 1. 절임염수의 특성 평가

김치 제조 공정에서 사용하는 절임염수는 소금과 절임과정에서 배추로부터 빠져나오는 염류, 유기산, 당류 등 가용성 고형물이 주로 함유되어 있는 것으로 판단되고 있으나 대부분의 문헌 및 연구에서는 실질적인 데이터 확보가 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 절임염수의 재사용을 위해서 물리화학적 특성 평가를 수행하였으며 이를 토대로 설계 인자를 확보하였다.

또한 Lab-scale 규모의 30% 염수를 제조하여 30회 재사용 실험을 통해 절임염수를 확보하였으며 재사용 시 절임염수의 특성을 평가하였다.

- 유기물 분석 :  $COD_{Cr}$ ,  $COD_{Mn}$
- 고형물 분석 : SS, 입도분석
- 소금 사용량 및 절임염수 염분 농도 분석 : Cl<sup>-</sup>
- 유기산 분석 : Lactic acid, Acetic acid, Formic acid 등
- 기타 분석 : pH, 이온, 전기전도도

#### 가. 유기물 분석

절임염수에 존재하는 유기물을 확인하기 위해  $COD_{Cr}$  과  $COD_{Mn}$ 의 농도를 분석하였다. COD 분석 시 30%의 염수는 고농도의 염소이온을 함유하기 때문에 화학적 산화도에 영향을 미치게 된다. 절임염수 시료는 다량의 염소이온을 함유하기 때문에 COD분석 시 방해물질로 작용하는 염소이온을 제거하기 위해 공정시험법에 준하여 염소이온 1g 당  $Ag_2SO_4$  4.4g 을 첨가하여 침전시킨 후 상등액을 분석하였다.

또한 염소이온의 영향을 최소화하기 위해  $Ag_2SO_4$ 을 첨가하여 기초 실험을 진행하였으며 그 결과 4시간 이상 교반시킨 시료의 경우 염소이온이 효과적으로 제거됨을 확인하였다. 따라서  $Ag_2SO_4$ 을 첨가하여 4시간 교반 후 침전시킨 상등액을 취하여 유기물의 농도를 측정하였다.

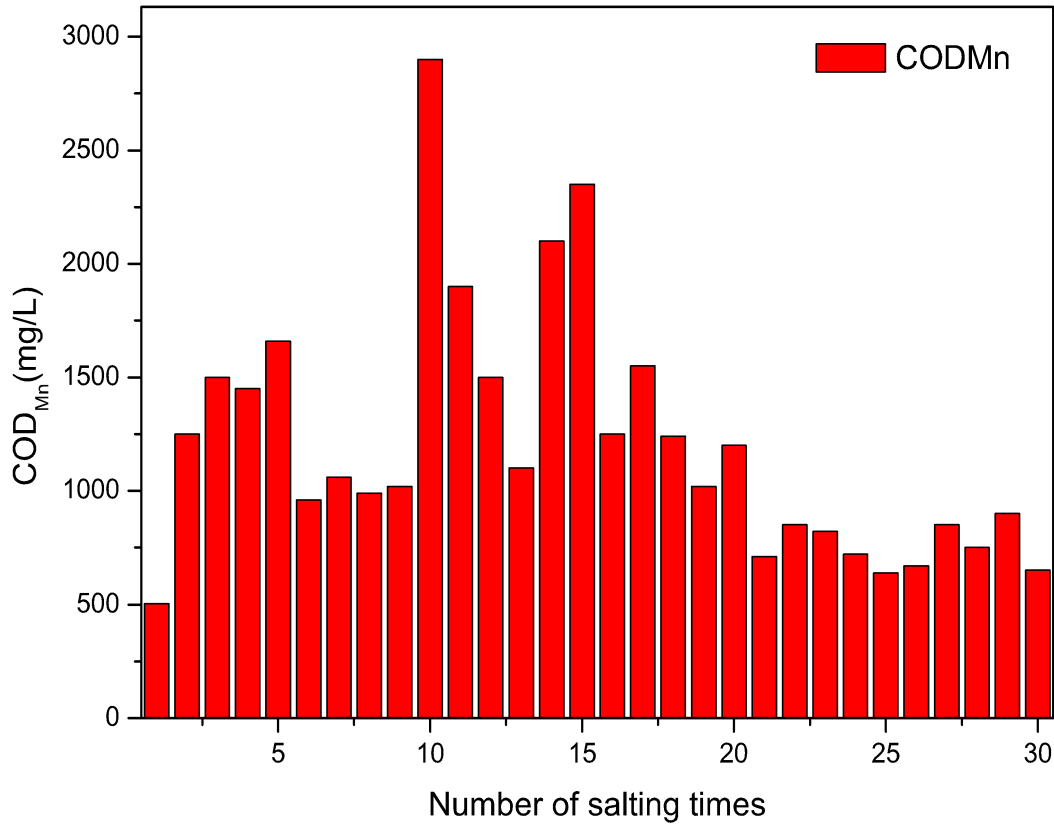


그림 1. 배추절임염수의 30회 재사용에 따른 절임염수의 COD<sub>Mn</sub> 농도변화

COD<sub>Mn</sub> 값은 그림 1에서 나타난 바와 같이 초기 염수에 비해 재사용 횟수에 늘어남에 따라 높아짐을 확인하였으며 또한 배추의 보관상태가 좋지 않을수록 그 농도가 높아져서 재사용 10회에 유기물 농도가 급격히 증가함을 확인하였다. 따라서 10회 이후부터는 배추 구입 후 보관기간을 짧게 하여 재사용 시 유기물 농도 변화를 관찰하였으며 다시 감소하는 것을 확인하였다. 이것은 보관일수가 긴 배추일수록 배추의 신선도와 수분함량이 감소하기 때문에 절임과정에서 유기물의 농도를 증가시키는 원인으로 판단된다. 따라서 배추의 보관 사용 일수 역시 절임염수의 수질 변화에 영향을 주는 중요한 요소였고, 실험실 규모 시험에서 30회 사용 시 유기물은 650 mg/L 수준이었다.

#### 나. 고형물 분석

김치 제조 과정에서 배추는 흙 등의 협잡물이 상당량 붙어 있는 상태에서 절임공정에 투입된다. 따라서 절임염수에는 상당량의 협잡물 및 고형물을 함유하게 된다. 이러한 고형물은 필터의 파울링 등을 유발하여 절임염수 재사용 효율을 저감시킬 수 있기 때문에 절임염수 내 고형물 특성을 파악하는 것은 공정 설계에 있어 매우 중요한 인자 중 하나이다.

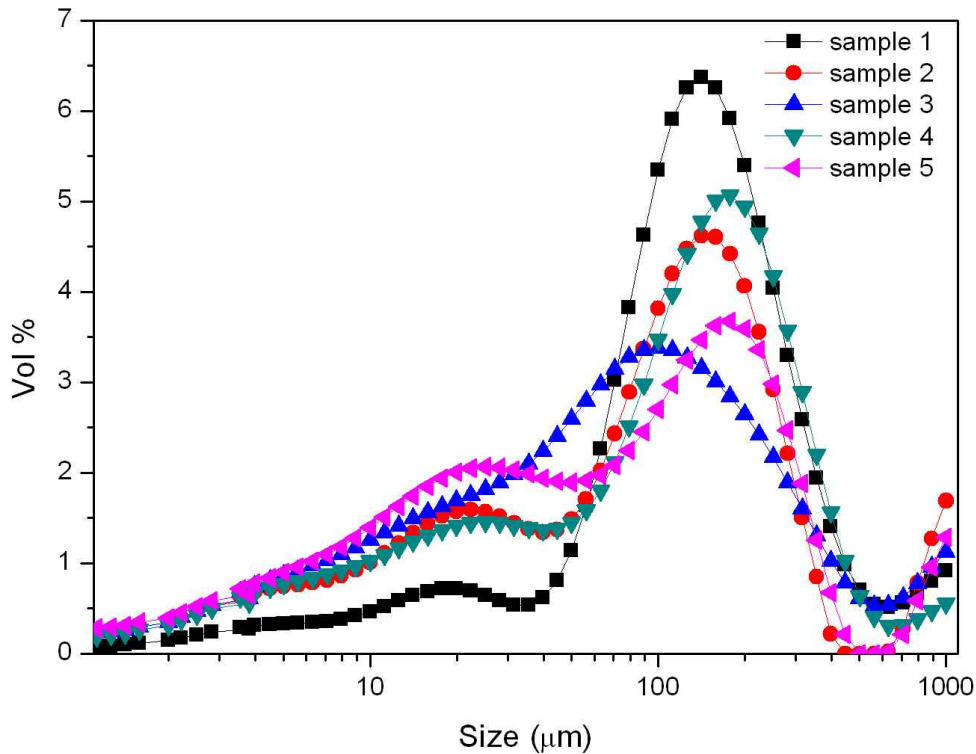


그림 2. 배추절임염수의 입도 분포

그림 2에서 보는 바와 같이 절임염수 재사용 횟수가 증가할수록 입자사이즈가 큰 물질들이 증가하고 있으며 약 100  $\mu\text{m}$  size 부근에 주로 분포하는 결과를 나타내었다.

#### 다. 소금 사용량 및 절임염수 농도 변화

대한 염업조합의 연도 별 천일염 가격 자료에 의하면 천일염은 2008년 대비 2010년 기준으로 약 14.5% 상승하였다. 김치제조공정에서 절임공정 시 사용되는 천일염은 가격이 꾸준히 증가하는 추세이나 보통 재활용되지 못하고 폐기되고 있어 경제적 및 환경적 손실을 초래하고 있다.

따라서 절임염수 30회 재사용 실험을 통해 염분농도와 사용되는 소금의 양을 확인하였으며 그 결과를 그림 3에 나타내었다. 배추를 30% 염수에 절이는 과정을 반복하여 30회 재사용하는 과정에서 절임 전·후 염수의 염분농도를 측정하였으며 절임 후 NaCl 농도를 30%로 조절하여 이 때 첨가한 천일염의 양을 측정하였다.

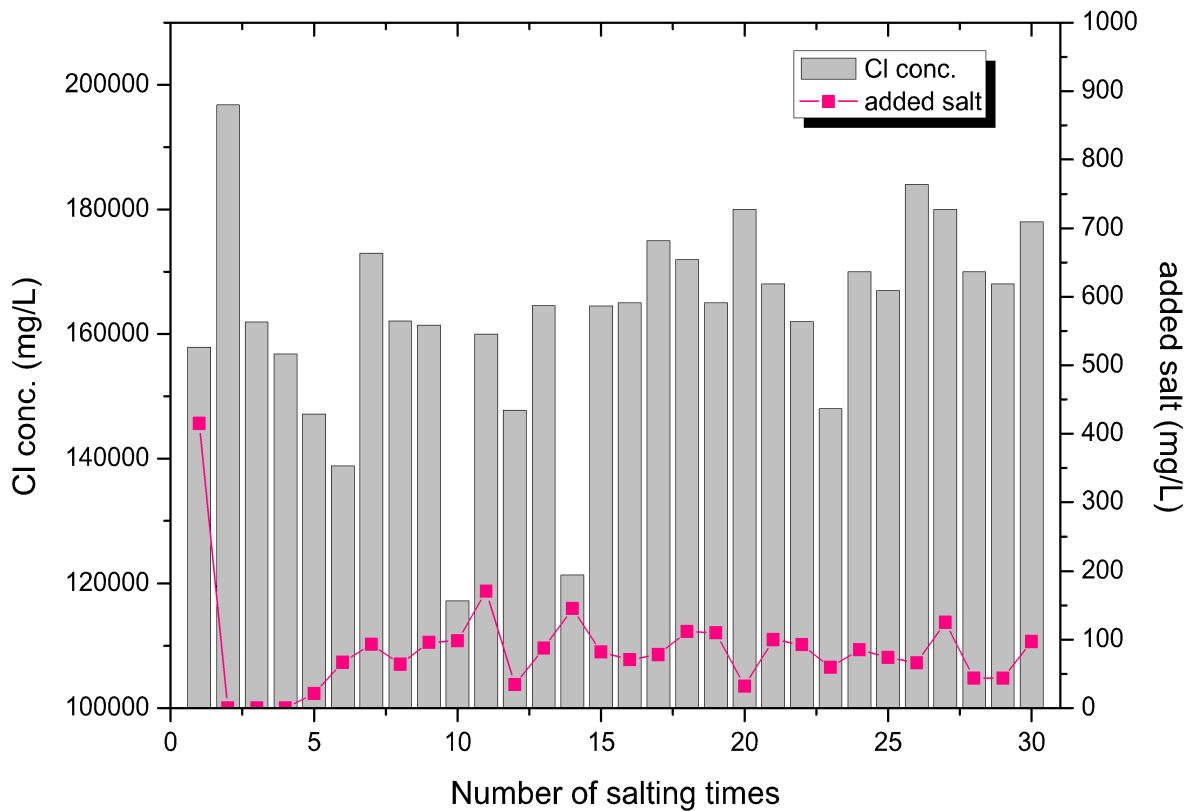


그림 3. 배추절임염수의 염분농도와 첨가한 천일염의 양

초기 염분 농도는  $30 \pm 0.2\%$ 로 조절하였으나 염분농도는 1회부터 30회 절임을 하였을 때 일정한 경향을 나타내지 않았으며 다양한 분포를 보여주었다. 이것은 앞서 유기물 분석에서 언급하였듯이 배추의 보관기간에 따른 배추의 상태에 기인한 것으로 판단된다. 배추의 보관기간이 길어질수록 배추의 수분함량이 감소하여 절임동안 염수의 흡수량이 증가하는 경향을 보였으며 절임염수의 염분농도가 감소함을 확인하였다.

#### 라. 유기산 분석

일반적으로 배추절임 공정에서 배출되는 절임염수는 천일염을 용해시킨 용액이므로 pH는 바닷물과 비슷한 약알칼리성을 나타낸다. 그러나 절임을 반복하게 되면 배추로부터 용출되는 염류와 유기산, 가용성 고형물이 증가하고 발효생성물도 생성되어 절임염수는 점차 산성화가 되는 것으로 추정된다.

따라서 절임염수의 효과적인 재사용을 위해서는 절임염수에 함유되어 있는 유기산의 특성을 확인하는 것이 필요하다. 따라서 절임염수의 재사용 시 유기산 농도 변화를 측정하여 그 특성을 평가하였다.

총 5가지의 유기산을 분석하였으며 그 결과를 표 1에 나타내었다. 분석결과 대부분 acetic acid와 lactic acid로 분석되었으며 유기산의 농도와  $COD_{Cr}$ 의 농도가 상당부분 비례함을 확인하였다. 그러나 절임염수의 재사용을 반복하면서 감소하는 물의 양을 보충하기 위해 44.4 ~

177.8 ml/L 의 물을 투입하였다. 절임을 반복하게 되면 배추로부터 용출되는 염류와 유기산, 가용성 고형물이 증가하게 된다. 그러나 절임이 반복됨에 따라 부족한 염분과 물을 보충하기 때문에 지속적인 농축은 일어나지 않음을 확인하였다.

#### 마. 절임염수의 재사용 기준(안) 설정

김치공장에서 염수를 2~5회 재사용하고 있으나 명확한 재사용 기준은 없이 염수에서 쓴내가 나는 시점(pH 5.4)을 기준으로 하는 경우도 있고(D사), 색과 탁도를 기준으로 하는 경우도 있다. 실험결과 유기산 농도가 최대 134mg/L(Lactic acid 37mg/L + Acetic acid 97mg/L)와 148mg/L(Lactic acid 24 + Acetic acid 124)에서도 사용이 가능하였다.

염수를 30회 반복 사용하는 과정에서 pH는 최대 5.82까지 낮아졌으나 5.4 이상이었고, COD<sub>Mn</sub>은 최고 3900mg/L, 가용성고형물(SS)는 최고 2,142mg/L, 전기전도도는 최고 169mS/cm 까지 높아져, 염수 재사용 기준으로 각각 이들 수치를 참고할 수 있을 것이다.

표 1. 배추절임염수의 유기산 분석결과

(mg/L)

sample	Lactic acid	Formic id	Acetic acid	Propionic acid	Butyric acid
30%염수	0	0	0	0	0
1차	0	0	93	0	0
2차	0	0	82	0	0
3차	14	0	83	0	0
4차	37	0	97	0	0
5차	32	0	76	0	0
6차	24	0	124	0	0
7차	8	0	71	0	0
8차	8	0	90	0	0
9차	9	0	85	0	0
10차	10	0	98	0	0
11차	13	0	100	0	0
12차	15	0	120	0	0
13차	12	0	110	0	0
14차	16	0	95	0	0
15차	9	0	102	0	0
16차	10	0	105	0	0
17차	10	0	98	0	0
18차	13	0	96	0	0
19차	12	0	110	0	0
20차	11	0	115	0	0
21차	13	0	112	0	0
22차	22	0	107	0	0
23차	15	0	108	0	0
24차	13	0	99	0	0
25차	11	0	96	0	0
26차	8	0	96	0	0
27차	6	0	104	0	0
28차	12	0	110	0	0
29차	16	0	116	0	0
30차	17	0	102	0	0



표 2. 배추절임염수의 유기물 및 기타 특성 분석

Sample	Cl <sup>-</sup>	pH	COD <sub>Mn</sub>	SS	Conductivity
	(mg/L)		(mg/L)	(mg/L)	(mS/cm)
1차	157,880	6.68	505	559	138
2차	196,780	6.23	1,250	620	138
3차	161,900	5.86	1,500	475	143
4차	156,820	6.70	1,450	650	169
5차	147,180	6.61	1,660	640	120
6차	138,800	6.28	960	1,038	143
7차	172,960	6.31	1,060	926	158
8차	162,100	6.58	990	1,182	160
9차	161,440	6.34	1,020	616	153
10차	117,200	6.27	3,900	1,219	156
11차	160,000	5.88	1,900	658	158
12차	147,771	5.82	1,500	1,573	152
13차	164,555	5.85	1,100	1,795	160
14차	121,347	6.12	2,100	2,142	157
15차	164,500	6.12	2,350	1,121	153
16차	165,000	6.32	1,250	1,623	155
17차	175,000	6.20	1,550	1,262	163
18차	172,000	6.09	1,240	1,406	162
19차	165,000	5.90	1,020	1,143	158
20차	180,000	6.05	1,200	986	162
21차	168,000	6.01	710	1,384	157
22차	162,000	6.28	850	956	154
23차	148,000	5.96	820	1,176	151
24차	170,000	6.28	720	1,120	154
25차	167,000	6.99	640	873	157
26차	184,000	6.94	670	1,046	157
27차	180,000	6.25	850	984	158
28차	170,000	6.03	750	1,275	155
29차	168,000	6.68	900	1,085	152
30차	178,000	6.43	650	1,073	156

## 2. 절임염수의 전기화학적 처리시스템 최적화 연구

### 가. 전기화학시스템 적용을 통한 살균 효율 확보

절임염수의 성분분석을 통해 물리화학적 특성을 파악한 결과, 절임을 반복하고 절임수를 재사용함에 따라 유기물과 유기산의 증가를 확인하였다. 절임과정 중 배추에서 용출되는 염류나 유기산 등은 자연적인 현상으로 제어하기 어려운 부분이지만 본 기술 개발에 의해 전기화학적 살균을 통해 살균 효율을 확보하고자 하였다.

실험용 염수는 천일염(NaCl 80% 이상)을 사용하여 초기 염 농도를 30% 로 제조한 다음, 그림 4와 같이 세로로 반절한 배추를 4 시간 동안 염지한 후의 절임염수를 사용하였으며 총 30 회 배추를 절임하여 사용하였다. 이 과정에서 초기염수와 절임염수의 시료를 각각 채취하였으며, 절임 후 염수의 염도를 분석하여 매 회 절임 전 염의 농도를 30%로 조절하여 절임염수의 농도를 일정하게 조정하였다.



그림 4. 고농도(30%) 절임염수의 30회 재사용을 위한 배추절임과정

본 연구에 사용된 전기화학 실험장치는 직류공급장치(DC power supply), 회분식 반응조, 불용성(DSA)전극, 티타늄(Titanium)전극, 항온조, 교반기로 구성하였으며 그림 5에 장치의 모식도를 나타내었다. 전기화학 반응 시 상승하는 온도를 제어하기 위해 항온조를 두어 일정온도를 유지하였으며 반응조 내의 용액의 원활한 반응을 위해 교반기를 이용하여 반응시간 동안 교반하였다.

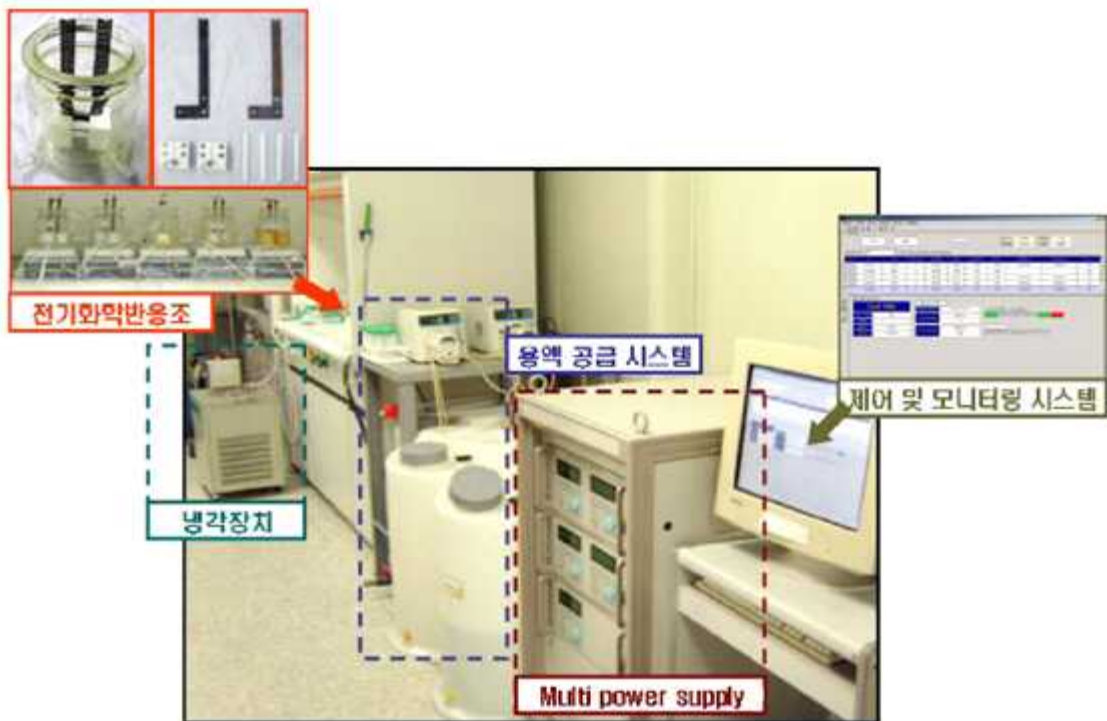
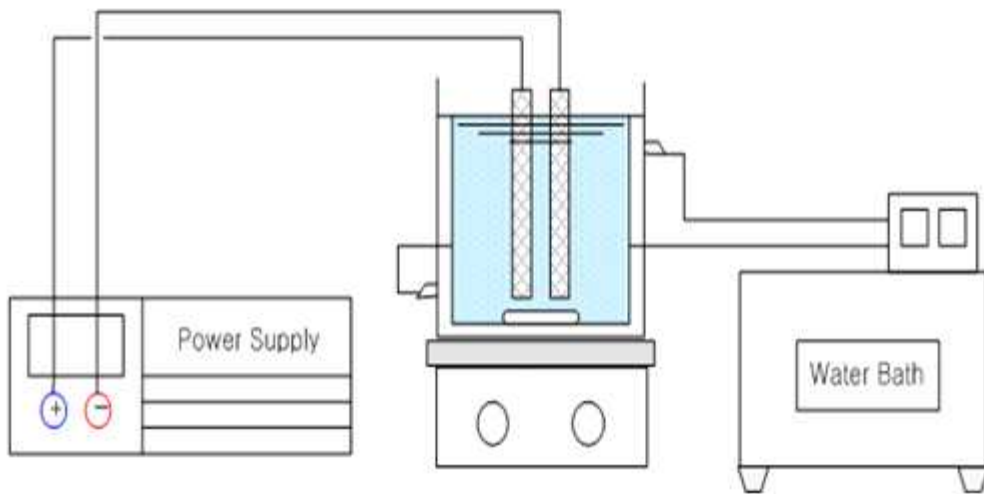


그림 5. 전기화학 실험 장치

표 3에 실험에 사용한 전극의 규격 및 반응기 규격을 나타내었다. 전원 공급은 정전류 모드로 운전하였으며 실험에 사용된 전극은 100×100 mm Mesh type으로 용액의 흐름을 원활하도록 하였으며 양극은  $\text{IrO}_2\text{-RuO}_2\text{-Ta}_2\text{O}_5/\text{Ti}$  전극, 음극은 Ti 전극을 사용하였다. 또한 전기화학 반응조는 회분식으로 유효용량 1.5 L로 운전하였다.

표 3. 실험장치의 규격

Equipment	Specification	
Power supply	Equipment	Agilent 6552A DC Power Supply
	DC power supply	20 V, 25 A
	Operation	Fixed current mode
	Current density	100 A/m <sup>2</sup>
Reactor	Type	Batch type
	Volume	1.5 L
Electrod	Anode	IrO <sub>2</sub> -RuO <sub>2</sub> -Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /Ti
	Cathode	Ti
	Type	Mesh type
	Size	100 mm x 100 mm

절임염수는 전기화학산화 전 후 샘플을 Merck사에서 제공되는 Microbiology Envirocheck® Contact TVC Total Viable Counts를 이용하여 박테리아 미생물의 변화 특성을 파악하였다.



그림 6. 9회 절임염수와 전기화학 처리수



그림 7. 12회 절임염수와 전기화학 처리수

잔류염소 약 9.0 mg/L 발생시켰을 때 9회 재사용 절임염수와 전기화학처리 절임염수의 변화를 보면 박테리아 미생물이 존재함을 확인할 수 있었으며(그림 6), 12회 절임염수에서 잔류염소 12.9 mg/L 발생시켰을 때는 99.9% 제거됨을 확인하였다.(그림 7) 따라서 99.9%이상의 살균효율을 확보하기 위해서는 잔류염소 발생량을 최소 10 mg/L이상 유지시켜 주어야 할 것으로 판단된다.

그러나 절임을 반복할수록 살균효율이 감소하는 경향을 나타내었다. 19회 절임염수는 잔류염소 발생을 11.1 mg/L로 유지하였으나 완전히 살균되지 않았음을 그림 8에서 확인할 수 있었으며 20회에 18.5 mg/L로 잔류염소를 발생시켰을 때 99.9%이상의 살균효율을 나타내었다(그림 9). 재사용 횟수 20회 이상에서는 유기산을 포함한 유기물 및 배추자체에 붙어있던 미생물 등이 절임염수에 일정량 이상 농축되었기 때문으로 생각되며 20회 이상에서는 전력량을 증가시켜서 잔류염소의 발생량을 늘려야 할 것으로 판단하였다.

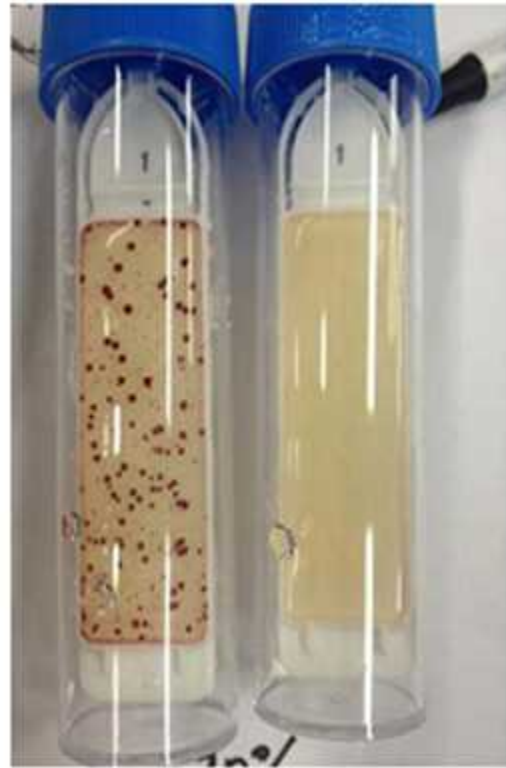


그림 8. 19회 절임염수와 전기화학 처리수      그림 9. 20회 절임염수와 전기화학 처리수

또한, 절임염수와 전기화학처리수의 미생물학적 변화를 확인하기 위해 총 대장균군의 변화를 확인하였다. 총 대장균은 막여과법으로 시험하였으며 추정시험용 고체배지(m-Endo agar LES)를 사용하여 추정시험 하였다. 샘플을 여과시킨 여과막을 멸균한 핀셋으로 집어내어 여과막의 눈금을 위로하여 페트리접시내의 배지 위에 기포가 형성되지 않도록 올려놓고 페트리접시를 뒤집어서  $35.0 \pm 0.5$  °C로  $24 \pm 2$  시간 배양하였다. 추정시험 결과는 양성 또는 음성으로 판정하였다.



그림 10. 총 대장균군 추정시험 방법

절임염수의 전기화학처리 전후의 시료의 대장균 추정시험 결과, 두 시료 모두 총 대장균군 음성으로 판정되었다. 수 회 반복시험 하였지만 절임염수와 전기화학 처리수 모두 음성으로 확인하였다. 그림 11을 보면 왼쪽에서 두 번째 시료가 절임염수인데 시료가 진하게 보이는 것은 시료 내 NaCl을 다량 함유하기 때문에 회석배수가 작을 경우 수분이 증발하면서 소금결정이 나타나는 것으로 확인하였다. 따라서 절임염수가 포함하는 일반세균에 대한 살균을 기준으로 전기화학 시스템 소비전력량을 최적화하기로 결정하고 연구를 수행하였다.

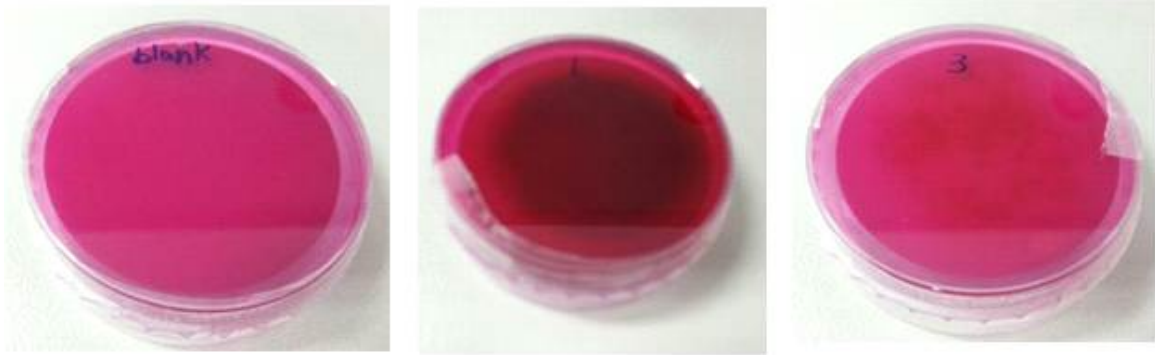


그림 11. 총 대장균군 추정시험 결과(왼쪽부터 대조군, 절임염수, 전기화학처리수)

#### 나. 전기화학시스템 소비전력량 최적화

배추를 절인 후의 염수를 전류밀도를  $100 \text{ A/m}^2$  정전류 모드로 전기화학실험을 진행하였다. 30sec 또는 60sec 단위로 잔류염소를 측정하였으며 일정 잔류염소가 발생하였을 경우 실험을 종료하였다. 또한 실시간으로 전류밀도와 전압을 체크하였으며 이를 바탕으로 전류효율을 계산하였다. 절임염수의 전기화학적 처리에서 공급전기량과 잔류염소 발생과의 특성을 평가하는 지표로서 전류효율(Current efficiency, CE)을 사용하였으며 전류효율은 아래 식에 의하여 계산되었다.

$$CE(\%) = \frac{(C_t - C_0) \times V_w \times F}{I \times t} \times 100$$

$C_0$  : Concentration of initial solution (mol/L)

$C_t$  : Concentration of treated solution (mol/L)

$V_w$  : Treated solution volume (L)

$F$  : Faraday constant (96,500 coulombs/mol)

$I$  : Loading current

$t$  : treatment time (sec)

절임염수의 30회 재사용을 위한 전기화학처리 시 전류효율은 그림 12에 나타난 바와 같이 20~80% 범위였고, 이 때 전류효율은 전기화학반응 시 발생하는 총 잔류염소를 기준으로 하였으며 발생하는 잔류염소는 선행실험에서 99.9% 살균이 가능하다고 판단한 약 10 mg/L 내외의 농도일 때 전류효율이 가장 높았다..

재사용 10회 이후에는 전류 효율이 초기에 비해 저감되는 것을 확인할 수 있었으며 이는 재사용 횟수가 증가함에 따라 유기물의 함량이 증가하여 같은 전력량을 제공할 때 유기물 농도가 높아질수록 유기물 산화에 많은 전력량이 소모됨을 의미한다.

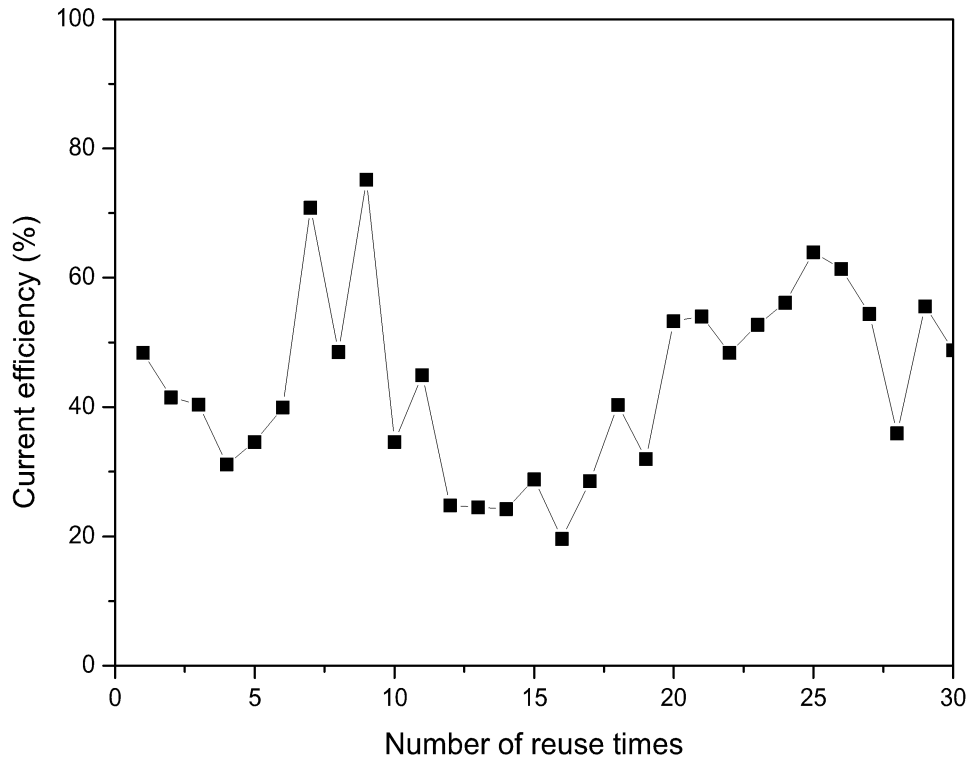


그림 12. 배추절임염수의 전기화학처리 전류효율 평가

다. 입자성 오염원의 여과 시스템 연구

30회 재사용 시 고형물 분석을 통해 입자성 오염원의 농도와 입도 분석을 통해 주요 입도분포를 파악하였으며 이에 현장 적용을 위해 필터 pore size 조건 별 압력 변화를 살펴보았다. 동일한 실험조건으로 절임수의 여과압력변화를 관찰하였으며 배추로 인한 헝잡물과 고형물을 제거하고 실험을 진행하였다. 절임수 자체의 압력 변화는 5  $\mu\text{m}$  필터를 제외하고는 5 ml/min 이상에서는 모두 급격하게 증가하였으며 최대 압력이 3 bar까지 상승하였다.

표 4. 필터 pore size 별 유량에 따른 차압 변화

(bar)

유량(ml/min) \ pore size( $\mu\text{m}$ )	5	10	15
0.2	2.6	2.6	3
0.45	2.2	2.4	3
0.8	0.4	1.6	2.8
1.2	0.4	1.6	2
5.0	0	0	0.2



필터 pore size가 1.2  $\mu\text{m}$  이상에서는 압력의 증가가 거의 발생하지 않았으며 0.2 ~ 1  $\mu\text{m}$  까지는 유량이 증가할수록 급격하게 압력이 증가하는 것을 확인 하였다. 필터 통과 유량이 5 ml/min일 경우와 10 ml/min는 필터 pore size의 변화에 의한 차압 변화가 거의 유사한 값을 나타내었다.

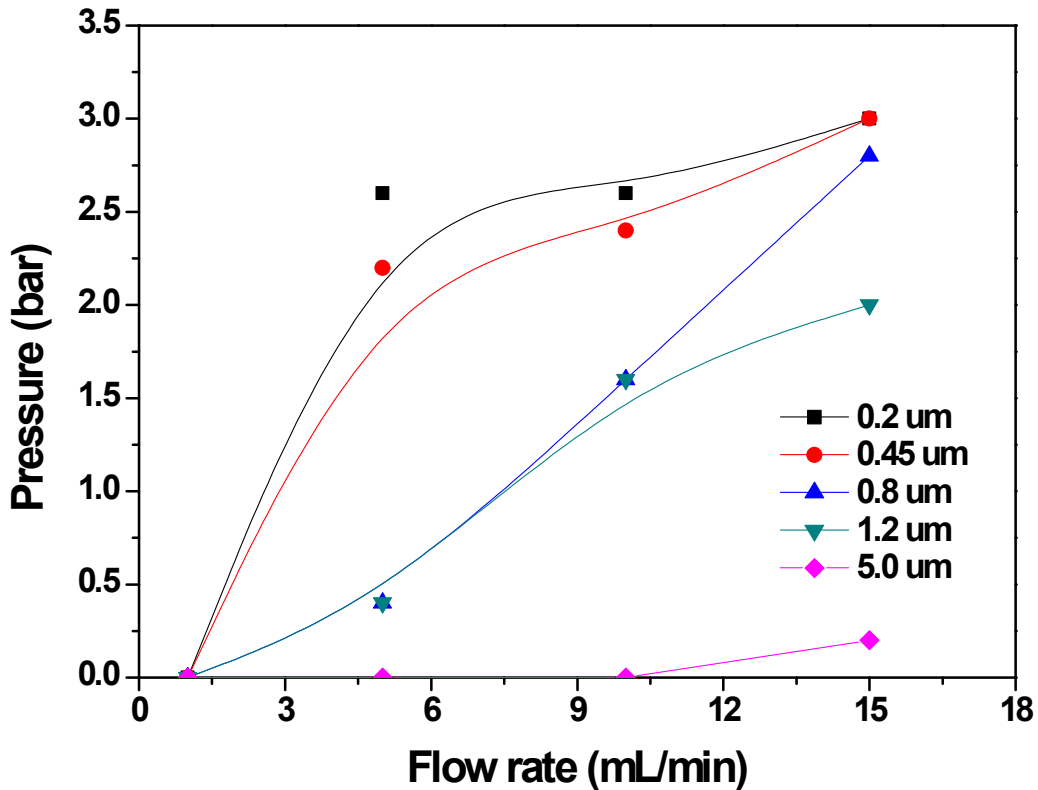


그림 13. 입자성 오염원의 여과 파울링 차압 변화

또한, 필터 pore size 0.45  $\mu\text{m}$  이하에서는 유속이 10 ml/min 이상 증가할수록 차압이 급격하게 증가하는 것을 알 수 있었으며 최대 압력이 1.3 bar까지 증가하는 것을 확인하였다. 필터 pore size가 5.0  $\mu\text{m}$ 에서는 통과 유량이 10 ml/min 까지는 차압의 변화가 없었으며 15 ml/min에서 최대 0.2 bar를 나타내어 pore size가 증가할수록 필터의 파울링 현상이 급격히 감소되는 것을 확인하였다.

### 3. 트레일러에 설치 가능한 소규모 염수재처리 장치 개발

#### 가. 절임염수 재처리장치 설계(2 m<sup>3</sup>/hr)

절임염수를 2 m<sup>3</sup>/hr 규모로 처리 할 수 있는 시스템을 앞선 실험 결과를 토대로 설계하였으며 그 개념도는 그림 14와 같다.

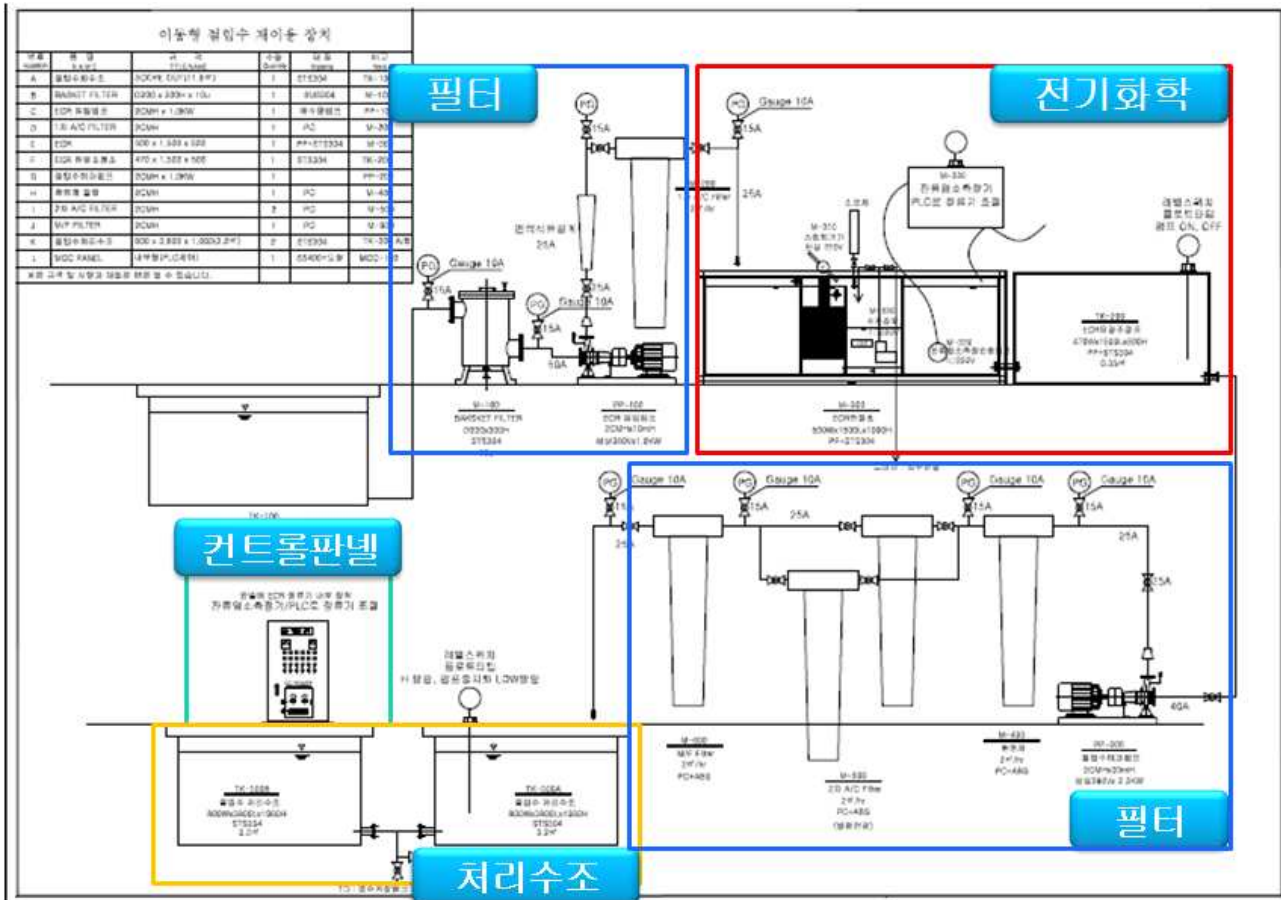
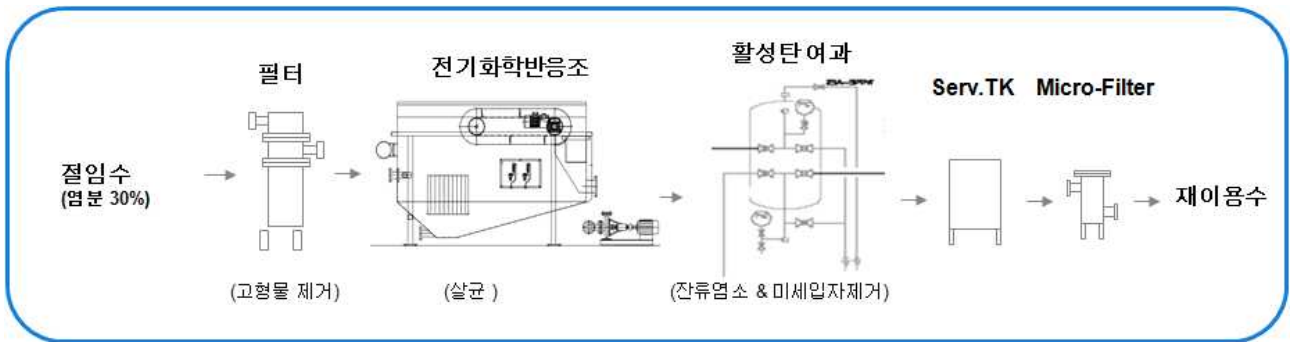
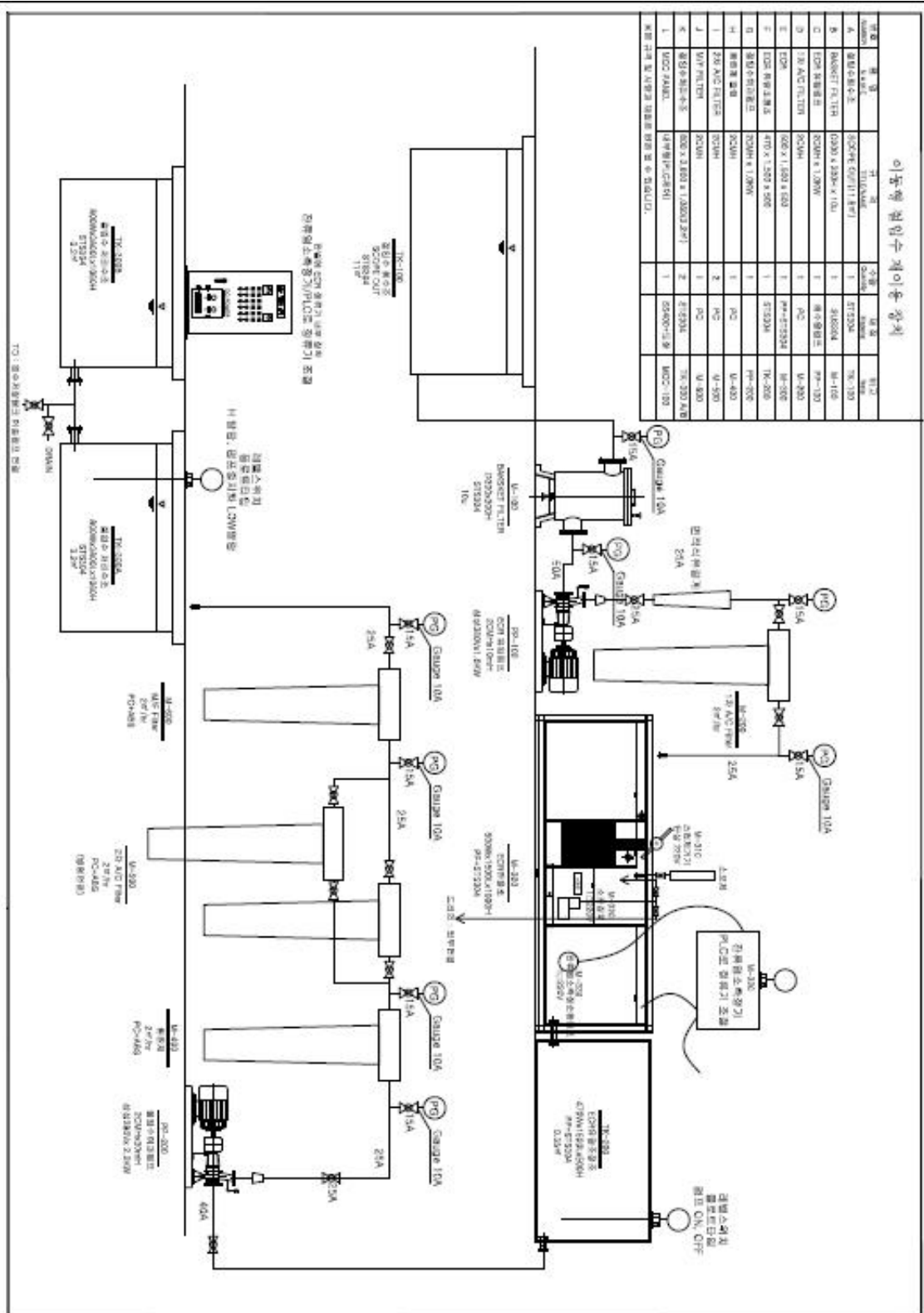


그림 14. 절임염수 재사용 장치의 개념도





#### 나. 절임염수 재사용장치 제작

절임염수의 재사용을 위해 기본 설계를 토대로 장치를 구성하였으며 이동식 트레일러 위에 제작된 재사용 설비를 설치하였다.



그림 17. 절임염수 재사용 장치의 트레일러 상 좌측 설치도

트레일러 상의 절임염수 재사용 장치는 배추절임 장치의 앞쪽으로 위치하고 있고 중앙에 배추 2절 경사 컨베이어가 통과하고 있어서 설비를 좌·우로 구성하였으며 좌측에는 전기화학반응조-잔류염소측정기-전기화학처리수조-재사용 최종 처리수 저장조를 설치하였다.

트레일러 상의 우측에는 절임염수 재사용 장치에서 입자성 오염원을 제거하는 바스켓필터와 MF필터, 전기화학 후단의 잔류염소와 일부 유기물을 제거하는 활성탄필터를 설치하였고 전체 시스템 컨트롤과 최종처리수를 보관하는 저장조를 좌측과 동일하게 설치하였다.



그림 18. 절임염수 재사용 장치의 트레일러 상 우측 설치도



그림 19. 절임염수 재사용 컨트롤 시스템

표 5. 절임염수 재사용을 위한 장치의 각 부 명칭 및 주요 역할

부 명칭	주요 역할
배추절임조	염분 30% 절임수를 이용한 배추절임조
바스켓필터	이용된 절임수를 절임과정에서 발생하는 배추 협잡물 등을 망여과하여 전기화학 반응조로 이송
전기화학반응조	바스켓필터에서 입자성오염원이 제거된 절임수를 전기화학반응으로 잔류염소를 생산하여 살균 처리
잔류염소측정기	전기화학반응조에서 발생하는 잔류염소를 측정하여 정류기의 전류량을 결정
활성탄 필터	전기화학반응에서 발생할 수 있는 미량의 소독부산물 및 일부 유기물을 활성탄여과기로 유입시켜 흡착제거함
MF 필터	활성탄 여과후 활성탄 미세 입자를 제거하여 처리수조로 이송
처리수조	사용된 절임염수를 처리하여 재사용 할 수 있도록 보관

다. 절임염수 재처리를 위한 절임 트레일러 현장 시운전 및 평가

이동식 배추절임 트레일러에 설치된 염수 재처리 장치를 운전하여 재사용 처리특성을 평가하였다. 배추절임 후 절임염수를 이용하여 처리 효율을 평가하기 위해 주관기관과 동일한 일시에 처리유량은 2 ton/hr로 총 3회의 절임염수 재사용 실험을 수행하였으며 설비 운전 중 주요한 설비 운전 방법은 다음과 같다.

(1) 절임염수 재사용시스템 작동방법

표 6. 절임염수 재사용시스템 컨트롤판넬 작동 방법

1.	수동 상태 : ECR(전기화학) 유입펌프, 스킴제거기, 소포장치, CL(잔류염소) 순환 펌프 OFF 상태 확인
2.	자동 운전 상태 : 절임수 여과펌프 확인(전기화학 후단의 저장조에서 필터로 넘어가는 중간 저장조에 자동 유량계를 통해 통과 유량을 결정)
3.	ECR(전기화학) 유입 펌프 ON : 유입유량계 확인하여 2 ton/hr 확인. 전기 화학 반응 위해 전기화학반응조의 상단까지 유입량 확인
4.	CL(잔류염소) 순환펌프 ON : 전기화학 반응으로 인한 잔류염소 발생 농도 측정
5.	스킴제거기 : 절임염수의 전기화학 반응 시 스킴 발생이 많을 경우 스킴제거기 작동 ON
6.	필터 교체 주기 : 전기화학 후단의 필터 압력이 2bar를 넘길 시 필터 교체
7.	최종처리수 : 절임염수 최종처리수는 설치 좌·우측으로 존재하는 최종처리수조로 이송

(2) 전기화학반응조 염수농도조절

표 7. 전기화학반응에 의한 잔류염소농도 조절방법

수동운전	자동운전
<p>필터에서 입자성오염원이 제거된 절임수를 전기화학반응에 의한 잔류염소생산에 의하여 살균 처리됨. 이때 직류전원공급기에서 전기화학반응조로 공급되는 전류는 일정 잔류염소염소를 발생시킬 수 있도록 조절됨</p>	<p><b>자동운전시 잔류염소농도 측정값에 의한 직류전원 전류값 자동제어</b>                      사용자 설정 : 잔류염소농도 목표값, 전류값 조정비율, 잔류염소농도 측정시간, 직류전원공급기 초기 설정값</p> <p>① “잔류염소농도 목표값” : 사용자가 유지하려는 잔류염소 농도값을 설정하도록 함. 이때 유지하려는 잔류염소농도는 <math>\pm 0.5</math> mg/L범위에서는 (9.5 - 10.5 mg/L) 일정하다고 정의하고 직류전원공급기의 전류값을 변화시키지 않음(프로그램에 “잔류염소농도 목표값”과 “잔류염소농도 측정값” 표시, 단위 0.0 mg/L)</p> <p>② “전류값 조정비율” : 직류전원공급기에서 전류값을 잔류염소농도값에 비례하여 제어하는 비율(속도)                      설정값은 잔류염소농도 1.0mg/L당 그리고 초당 직류전원공급기의 전류값을 0.00A로 설정함(프로그램에 “전류값 조정비율“ 표시, 단위 0.00 A/{(mg/L) • sec})</p> <p>③ “잔류염소농도 측정시간“ : 직류전원공급기에서 전류값을 잔류염소농도값에 비례하여 제어 후 실제 잔류염소가 평형농도에 도달하고 잔류염소측정기에서 측정시 소요되는 시간                      (프로그램에 “잔류염소농도 측정시간“ 표시, 단위 0min)</p> <p>④ “직류전원공급기 초기 설정값” : 자동운전시 직류전원 공급기의 초기 전류 (또는 전압) 시작값을 의미. 정전류모드로 운전하는 것을 원칙으로 하며 00.00A로 시작 시 전압은 본 직류전원공급기의 최대값인 100.00V로 설정함 (free voltage 설정을 위함). 경우에 따라 정전압모드로 운전할 수 있기 때문에 전압값도 함께 설정할 수 있도록 함                      (프로그램에 “직류전원공급기 초기 설정값“ 표시, 단위 00.00A×000.00V)</p>



(3) 염수재처리 장치의 시운전 결과

절임염수의 재사용 가능성을 평가하기 위해 통합 공정 평가를 수행하였고 절임염수 재사용 시 처리 용량은 1.5 ~ 2.2 m<sup>3</sup>/hr로 평균 2 m<sup>3</sup>/hr를 유지하였으며 이 때 처리 순서는 절임염수 회수조-필터-전기화학반응조-활성탄필터-MF필터-최종처리수조를 통해 재사용하였으며 흐름도는 그림 20과 같다.

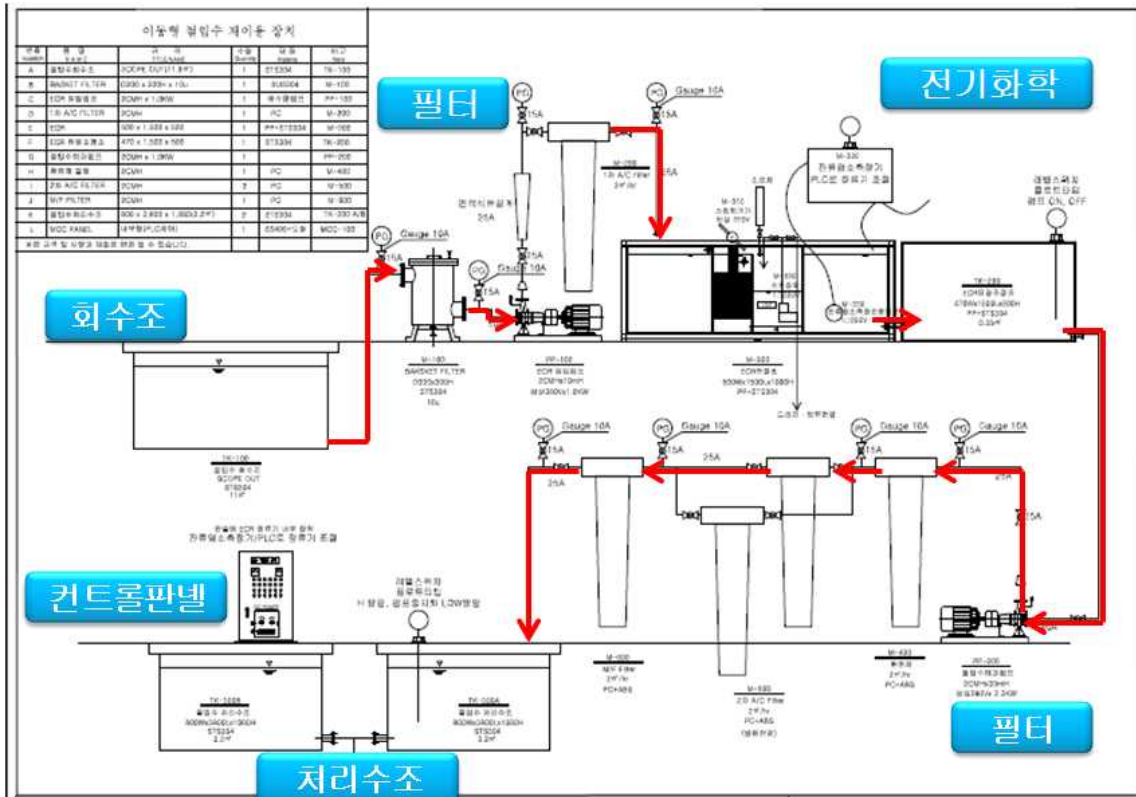


그림 20. 절임염수 재사용 처리 흐름도

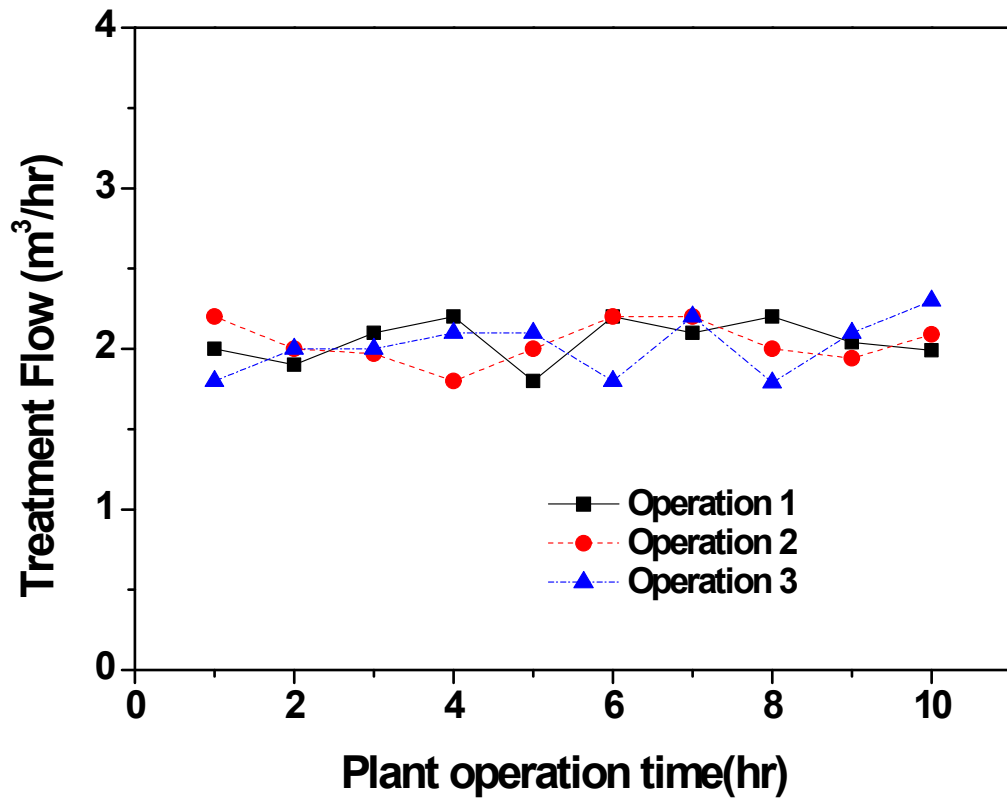


그림 21. 절임염수 재사용 장치 처리 유량

절임염수 재사용 장치의 통합공정 평가를 위해 절임염수 회수조의 입자성 고형물은 바스켓 필터를 이용하여 제거한 후 전기화학적 반응을 통해 유기물 및 유기산의 일부 제거와 잔류염소 발생을 통한 살균 효율을 평가하였다. 전기화학 반응에 있어 전력사용량은 운전비용을 차지하기 때문에 이에 대한 운전 결과를 검토하였다. 앞선 실험 결과를 토대로 잔류염소 발생 농도는 10 ~ 20 mg/L를 유지하였으며 잔류염소 발생 농도 대비 전기화학장치의 전기인가량이 변화하도록 운전하였다. 이 때 소비 전력량은 0.2 ~ 0.38 kWh/m<sup>3</sup>으로 평균 0.31 kWh/m<sup>3</sup>를 나타내어 과제 목표인 0.5 kWh/m<sup>3</sup> 이하로 운전됨을 확인하였다.

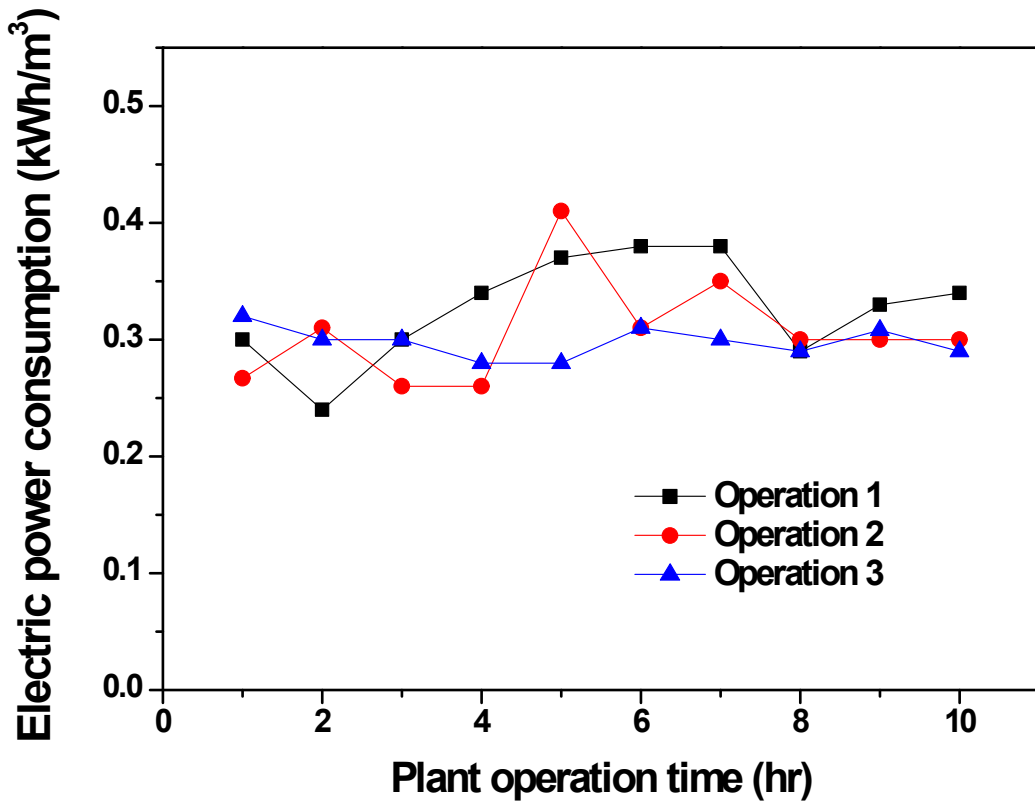


그림 22. 절임염수 재사용 전기화학반응의 소비전력량 변화

배추절임 후 절임염수 통합 공정을 통해 처리되는 처리수와 절임염수의 특성 분석을 통하여 재사용 가능성을 평가하였다. 절임 전 염도 30%에서 절임 후 염도는 24~25%로 감소하였으며 pH는 5.4~6.0 으로 약산성을 나타내었다. 배추절임에서 통상적으로 pH 5.4 이하의 절임염수는 절임 배추의 품질을 저하시키기 때문에 재사용을 금지하고 있다. pH는 유기산의 증가에 따라 감소하는 경향을 나타내는데, 김치의 신맛은 발효과정 중에 증식하는 미생물의 작용으로 인한 생화학적 변화에 의하여 배추 등 재료에 함유된 탄수화물 등이 분해되면서 생성되는 유기산에 의한 것이다. 이는 절임공정에서도 유사한 반응을 나타내는데 절임수의 재사용 횟수가 증가함에 따라 배추에서 발생하는 유기산이 증가하게 되고 절임수의 pH를 저하시키게 된다. 이에 현장에서의 pH 변화를 모니터링 하였으며 절임염수 재사용을 위한 처리 후에는 pH가 평균 7.0으로 상승하는 것을 확인하였다.

표 8. 절임염수의 배추절임 후 성상 변화

운전 횟수	염도	pH	총유기산	SS (입자성고형물)
	%		mg/L	mg/L
1	24.5	5.46	22	80
2	25	5.97	37	92
3	24	5.84	26	114

표 9. 절임염수의 재처리 후 성상 변화

운전 횟수	염도	pH	총유기산	SS (입자성고형물)
	%		mg/L	mg/L
1	24.5	6.94	7	4
2	25	7.12	9	3
3	24	7.01	8	3

배추절임 후의 절임염수의 유기산 농도는 22~37mg/L 범위로 평균 28.3mg/L를 나타내었으며 입자성고형물은 80~114mg/L 범위로 평균 95.3mg/L를 나타내었다. 절임염수 재사용을 위한 처리 후 유기산 농도는 평균 8 mg/L를 나타내어 제거율이 71 %를 나타내었으며 입자성고형물의 제거 후 농도는 4mg/L 이하를 나타내는 것을 확인하였다. 또한, 절임염수 재사용을 위한 처리 전·후 유기물 농도 변화는 유기산과 유기물의 발생 변화 양상이 유사한 것을 알 수 있으며 재사용 처리 시 유기물의 평균 제거율은 61.7% 나타내었다.

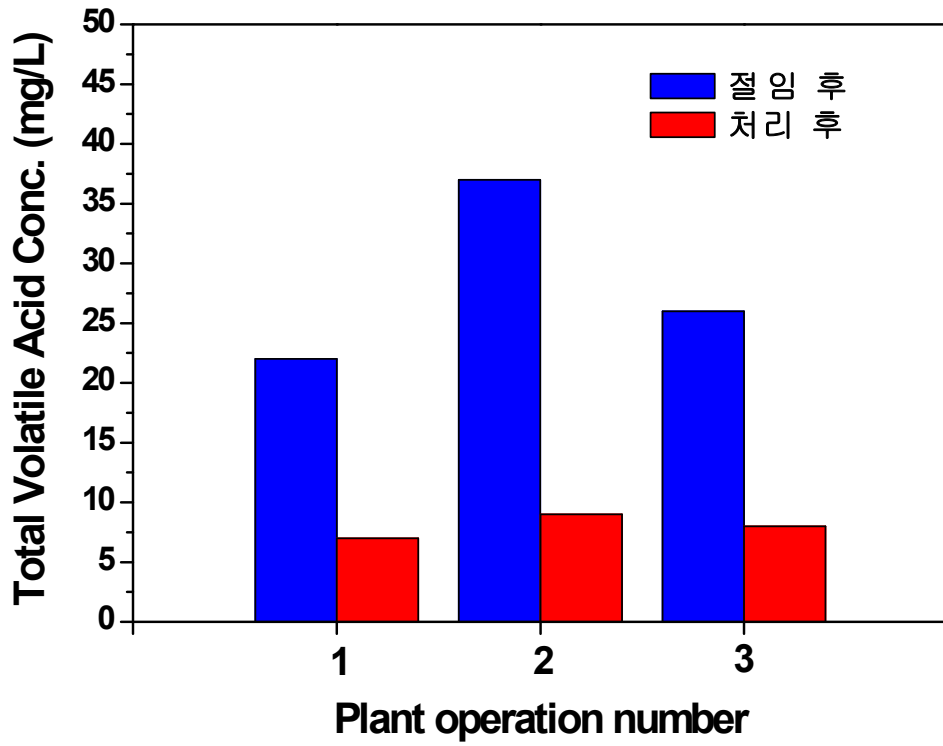


그림 23. 절임염수 처리 전·후 총유기산 농도 변화

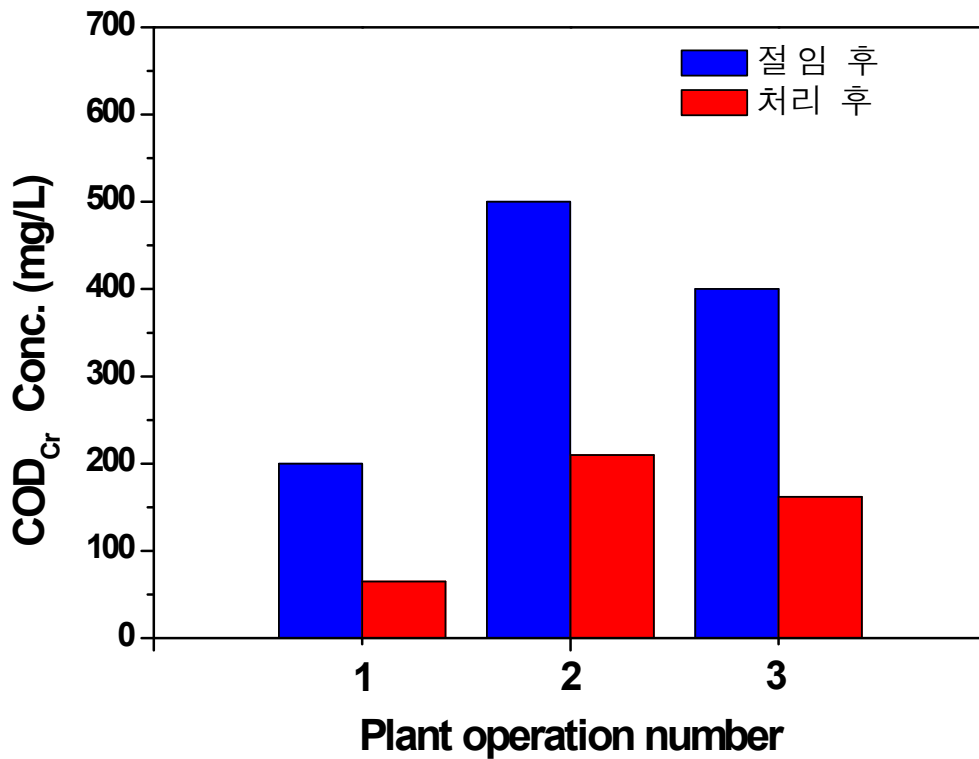



그림 24. 절임염수 처리 전·후 유기물 농도 변화

절임염수 재사용을 위한 플랜트에서 수행된 전기화학적 처리수의 살균효율을 확인하기 위해 처리 전과 후의 세균수 및 총대장균 분석을 공인인증기관에 의뢰하여 수행하였다. 분석결과 절임공정 후의 처리 공정을 통해 세균 및 총대장균이 존재하지 않음을 확인하였다.



경기도 성남시 분당구 안양편교로 1201-62(463-746)  
 전화: 031)780-9330, 9292 전 송: 031)780-9280  
 1201-62, Anyangpangyo-ro, Bundang-gu, Seongnam-si,  
 Gyeonggi-do, 463-746, Republic of Korea  
 TEL. (031)780-9330, 9292 FAX. (031)780-9280

---

### 시험 성적서(Certificate)


시 료 명 (SAMPLE) : 절임염수, 재이용처리수  
 의 픽 저 (REQUESTED BY) : 고통기술연구원  
 주 소 (ADDRESS) : 경기 용인시 처인구 백암면 고안리 633-2  
 의뢰일자 (DATE REQUESTED) : 2014. 07. 29.  
 참고번호 (File No.) : AO2014-08-11-208

항목	분석결과		단위	시험방법
	절임염수	재이용처리수		
세균수	음성	음성	cfu/g	식품공전(2013) 미생물시험법
대장균	음성	음성	-	식품공전(2013) 미생물시험법

이 성적서의 전부 또는 일부를 당 연구원의 문서화된 사전 동의 없이 무단으로 복제, 송출이나 상품신장 등 기타의 목적으로 사용할 수 없습니다. 분석한 결과는 제시된 시료에 대한 것이며 생산되는 모든 제품의 품질을 대표하는 것은 아닙니다. 본 성적서의 재발급은 승인을 받아야 합니다.

2014 년 8 월 11 일

한국식품연구원장



---

KFRI - 010(210 x 297mm)
1/1
한국식품연구원

그림 25. 대장균 및 세균수 분석 자료

## 라. 전기화학적 처리에 의한 배추 절임염수 재사용

2012년 기준 전체 김치 시장 규모는 2조 4,254억원으로 전년 2조 3,681억원 대비 2.4%가 증가하였다. 또한 안상섭과 이삼섭(2012)의 보고서에 따르면 2012년 상품김치 시장은 9,142 억원으로 전년 대비 2.0% 성장하였으며, 2007년 이후 연평균 4.5% 성장하였다. 그러나 김치제조업체 수는 2007년에는 1,614개소였으나 2008년에 크게 감소하여 2009년 946개소로 감소하였다.(이용선 등, 2011) 이것은 김치 원재료 가격의 상승과 값싼 중국산 김치의 수입이 2010년 배추 파동 이후 증가하였기 때문으로 생각된다. 대부분이 영세한 김치제조업체의 상황을 고려하면 김치원재료 가격 상승과 중국산 김치의 수입에 대응할 수 있는 경쟁력 확보가 시급한 실정이다. 대한염업조합의 연도별 천일염 가격변동 자료에 의하면 2008년 대비 2010년 기준으로 약 14.5% 상승하였다. 김치제조공정의 절임공정에서 사용되는 천일염은 가격이 꾸준히 증가하는 추세이나 보통 재활용되지 못하고 폐기되고 있어 경제적, 환경적 손실을 초래하고 있다. 절임염수는 염의 농도가 매우 높기 때문에 생물학적 처리에 어려움이 많으며 이러한 염수를 처리하여 방류하는 경우 청정지역의 방류수 수질기준을 만족하기 어렵고 재사용할 수 있는 염과 용수 등의 자원을 낭비하게 된다. 따라서 절임염수를 재사용하여 김치제조공정의 경제성을 높이고 고농도 염분으로 인한 난분해성 폐수 발생을 줄임으로써 환경오염부하를 낮출 수 있는 공정개발이 필요하다. 특히 2008년도부터 김치생산공정의 HACCP(위해요소중점관리기준)이 점차 법적으로 의무화 되고 있기 때문에 이에 대한 대응 방안이 요구되고 있다. 따라서 본 연구에서는 김치제조공정의 절임공정에서 발생하는 절임염수를 재사용할 수 있는 경제성 있는 공정을 개발하고자 최근 다양한 산업분야에 적용되고 있는 전기화학처리를 통한 절임염수의 살균효율과 절임염수의 성상변화 특성을 평가하였다. 전극에 전류가 흐르게 되면 양극에서는 산화반응이 일어나고 음극에서는 환원반응이 일어나게 된다.(박대원, 2002) 폐수처리에 있어 양극에서 예상되는 산화반응으로 산소발생, 유기물 산화, 질소화합물 산화, 염소가스 발생 등을 기대할 수 있다. 이러한 특성을 절임염수의 전기화학적 처리를 통한 재사용에 적용하고자 시험하였다.

### (1) 연구 방법

#### (가) 재료 및 장치

본 연구에서 사용한 식품 절임염수는 김치제조업체인 E사의 배추 절임공정과 동일한 조건으로 실험실에서 제조하였다. 실험에 사용된 시료는 천일염(NaCl 80% 이상)을 사용하여 초기 염 농도를 10%로 제조한 다음, 세로로 반절한 배추를 16 시간동안 염지한 후의 절임염수를 사용하였다. 이러한 방법으로 총 20회 배추를 절임하여 사용하였다. 이 과정에서 초기염수와 절임염수의 시료를 각각 채취하였으며, 절임 후 염수의 염도를 분석하여 매 회 절임 전 염의 농도를 10%로 일정하게 조정하였다.

본 연구에 사용된 전기화학 실험장치는 직류공급장치(DC power supply), 회분식반응조, 불용성(DSA)전극, 티타늄(Titanium)전극, 항온조, 교반기로 구성하였으며 그림 26에 장치의 모식도를 나타내었다. 전기화학 반응 시 상승하는 온도를 제어하기 위해 항온조를 두어 일정온도를 유지하였으며 반응조 내 용액의 원활한 반응을 위해 교반기를 이용하여 반응시간 동안 교반하였다. 표 10에 실험에 사용한 전극 및 반응기 규격을 나타내었다. 전원 공급은 정전류 모드로

운전하였으며 실험에 사용된 전극은 100×100 mm Mesh type으로 용액의 흐름을 원활하도록 하였으며 양극은 IrO<sub>2</sub>-RuO<sub>2</sub>-Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/Ti 전극, 음극은 Ti전극을 사용하였다.(Lee et al., 2011) 또한 전기화학 반응조는 회분식으로 유효용량 1.5 L로 운전하였다.

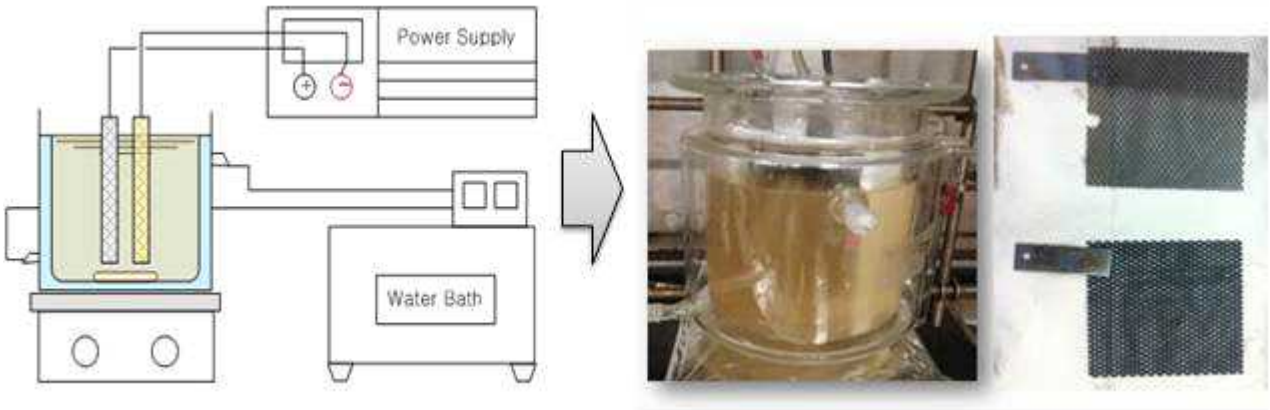


그림 26. Experimental apparatus for electrochemical oxidation.

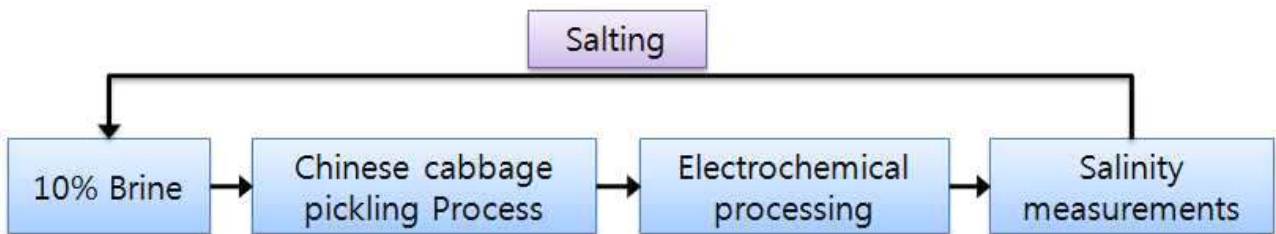


그림 27. Flowchart of experiment.

표 10. Specification of experimental apparatus and electrode used in this study

Equipment		Specification
Power supply	Equipment DC power supply Operation Current density	Agilent 6552A DC Power Supply 20 V, 25 A Fixed current mode 100 A/m <sup>2</sup>
Reactor	Type Volume	Batch type 1.5 L
Electrod	Anode Type Mesh type Size	IrO <sub>2</sub> -RuO <sub>2</sub> -Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /Ti Ti Mesh type 100 mm x 100 mm

(나) 실험방법

본 연구에서는 10% 절임염수를 전기화학적 방법으로 처리하였을 때 미생물학적 변화와 유기물의 변화 특성을 확인하고 절임염수의 재사용 가능성을 평가하였다. 배추를 절인 후의 염수



를 전류밀도 100 A/m<sup>2</sup> 정전류 모드로 전기화학실험을 진행하였다. 30 sec 또는 60 sec 단위로 잔류염소를 측정하였으며 일정 잔류염소가 발생하였을 경우 실험을 종료하였다. 또한 전기화학에 의한 절임염수의 반응특성 확인을 위해 pH, CODCr, 유기산, 염도, 잔류염소 및 미생물 분석을 수행하였다. pH는 pH meter (ISTEK neo metpH-240L)를 사용하여 회석하지 않은 시료에서 직접 측정하였으며 CODCr는 수질오염공정시험법에 의하여 측정하였다. 유기산의 분석을 위해서 영린기기의 YL9100 HPLC system를 이용하여 분석하였으며 표 11에 분석조건을 나타내었다.

표 11. Operational conditions of HPLC

Unit	Operational conditions
Column	Aminex HPX-87H Ion Exclusion Column 300 mm × 7.8 mm
Mobile phase	0.018M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Column Temp.	65 °C
Flow rate	0.7 ml/min
Detection	UV 220 nm

또한 염도는 Metrohm사의 Ion Chromatography (Compact advanced IC 838)를 이용하여 Cl<sup>-</sup>의 농도를 측정하였다. Cl<sup>-</sup> 측정을 위해 Anion SUPP 5 Column을 사용하였으며 Eluent로 3.2 mM Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 과 1.0 mM NaHCO<sub>3</sub> 의 혼합액을 사용하였으며 유량은 0.7 ml/min로 조정하였다. 잔류염소는 총 잔류염소로서 Cl<sub>2</sub>로 측정되었으며 HACH사의 Pocket Colorimeter II로 분석하였다. 또한, 절임염수와 전기화학처리 염수의 미생물학적 변화를 확인하기 위해 Merck사에서 제공되는 Microbiology Envirocheck<sup>®</sup> Contact TVC Total Viable Counts를 이용하여 박테리아 미생물의 변화 특성을 확인하였다. 총 대장균은 막여과법으로 시험하였으며 추정시험용 고체배지(m-Endo agar LES)를 사용하여 추정시험 하였다. 시료를 여과시킨 여과막을 멸균한 핀셋으로 집어내어 여과막의 눈금을 위로하여 페트리접시내의 배지 위에 기포가 형성되지 않도록 올려놓고 페트리접시를 뒤집어서 35.0 ± 0.5 °C로 24 ± 2 시간 배양하였다. 추정시험 결과는 양성 또는 음성으로 판정하였다. 또한 살균을 평가하는 지표로서 *Escherichia coli* 및 총 세균수에 대해서 공인된 시험분석기관에 의뢰하여 분석을 수행하였다.

## (2) 결과 및 고찰

### (가) 염분농도의 변화

반절한 배추를 10% 염수에 절이는 과정을 반복하여 20회 재사용하는 과정에서 절임 전후 염수의 염분농도를 측정한 결과와 절임 후 Cl<sup>-</sup>의 농도를 측정하여 NaCl의 농도를 10%로 조절하였으며 이 때 첨가한 천일염의 양을 그림 28에 나타내었다.

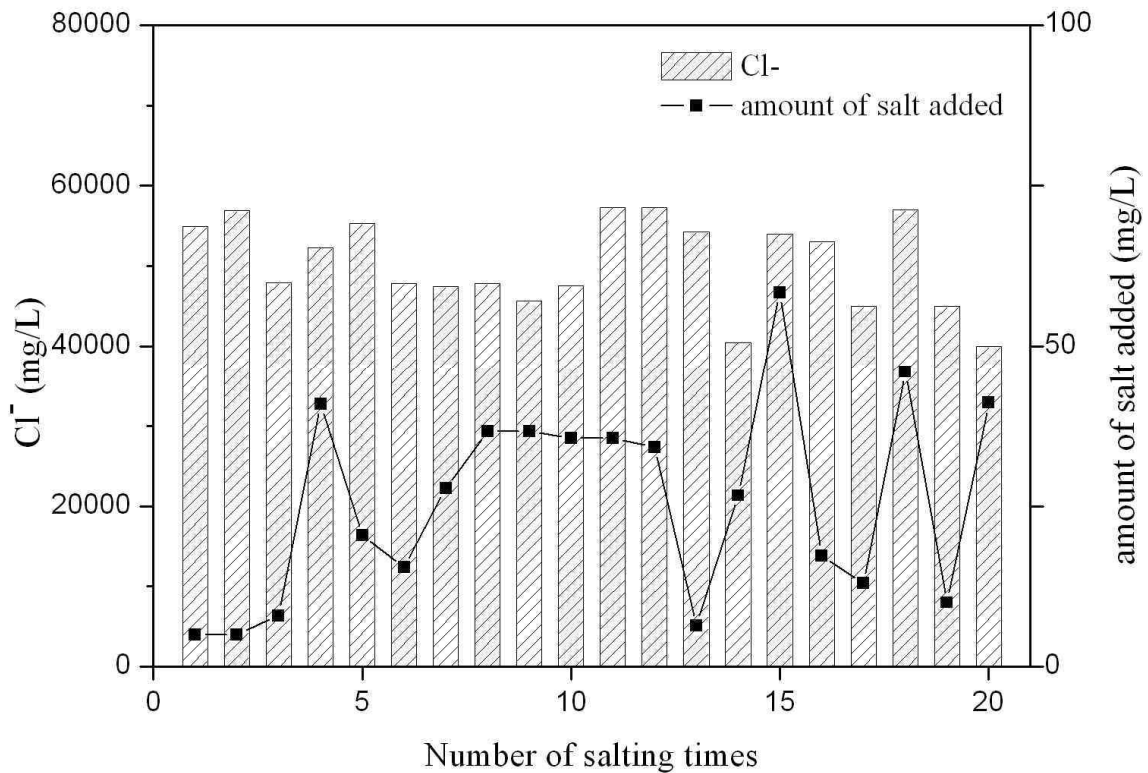


그림 28. Cl<sup>-</sup> concentration of brine recycled for Chinese cabbage salting and amount of added salt.(▨ : Cl<sup>-</sup> concentration, -■- : amount of added salt)

초기 염분 농도는 10±0.2%로 조절하였으나 16시간 염지 후 염분농도는 9.35~6.67%까지 낮아졌으며 초기 염분농도보다 0.65~3.33% 낮아진 것을 확인하였다. 이는 10% 염수의 6회 재사용 가능성을 평가한 Shin et al.(2000)의 연구에서 보고한 결과와 유사한 결과이다. 이와 같은 결과는 세절한 배추에 염분이 흡수되었기 때문으로 사료된다(Shin et al., 2000 Yoon et al., 2000). 또한 초기 염분농도에 대비하여 염지 후 염분농도가 0.65~0.33% 낮아진 결과를 나타냈는데 이것은 배추의 수분함량에 따른 영향이 있는 것으로 판단된다. 배추를 구입한 후 보관하는 기간이 1일에서 최대 5일로 보관기간이 길어짐에 따라 배추의 수분량이 감소하는 경향을 나타내었으며 보관기간이 긴 배추일수록 염지 전후의 절임염수의 염분 농도의 감소율이 증가함을 확인하였다.

또한 염지 후 염분농도를 측정하였으며 초기 염분농도 10%를 유지시키기 위해 천일염을 사용하여 부족한 염분을 보충해 주었다. 6.45~40.89 mg/L 의 천일염을 추가로 투입하였으며 이것은 초기 10% 염수를 제조하기 위해 투입한 천일염의 약 4.64~29.43%에 해당한다. 꾸준히 증가하고 있는 천일염의 가격을 고려해 볼 때 살균 및 식품안정성이 확보된다면 절임염수의 재사용은 충분히 경제성이 있으며 고농도의 염을 포함한 난분해성 폐수의 배출을 줄임으로써 환경오염부하를 낮출 수 있을 것으로 판단된다.

#### (나) pH 변화

일반적으로 배추절임 공정에서 배출되는 절임염수는 천일염을 용해시킨 용액이므로 초기 pH

는 바닷물과 비슷한 약알칼리성을 나타낸다. 그러나 절임을 반복하게 되면 배추로부터 용출되는 염류와 유기산, 가용성 고형물이 증가하고 발효 생성물도 생성되어 절임염수는 점차 산성화가 되는 것으로 추정된다. 따라서 절임염수의 효과적인 재사용을 위해서는 절임염수에 함유되어 있는 유기산의 변화특성과 pH와의 상관관계를 파악하는 것이 중요하다고 할 수 있다. 천일염을 이용하여 제조한 초기 10% 염수의 pH는 해수의 pH와 비슷한 수치로 8.13으로 나타났으며 1회 염지 후의 pH는 7.38로 감소함을 확인하였다. 절임공정을 반복할수록 절임염수의 pH는 감소하는 경향을 나타내었으며 2회 절임 후 부터 pH는 5.40~6.29를 유지하였다. 이러한 결과는 배추에서 용출되는 가용성 고형물, 유기산 및 염류 등의 증가 및 누적으로 절임수가 산성화됨을 보고한 Yoon et al.(2000)의 연구와 같은 결과이다. 또한 절임공정을 반복할수록 pH가 감소하는 것은 염지액 중 산 생성균의 증식으로 배추에 다량 존재하는 유산균에 의한 영향으로 판단된다(Shin et al., 2000; Yoon et al.,2000). 이러한 연구결과를 뒷받침 해주는 근거로 그림 28은 절임공정에서 절임염수의 pH와 유기산의 변화를 나타낸 것으로 초기 1회 절임염수의 pH는 7.38에서 절임공정이 반복됨에 따라 20회 절임 후에는 5.75로 낮아졌다. 이에 반해 절임염수 중의 유기산은 초기 1회 절임염수에서 7.83 mg/L에서 20회 절임과정에서 점차 증가하였으며 20회 절임염수에서 103.32 mg/L까지 증가함을 확인하였다.

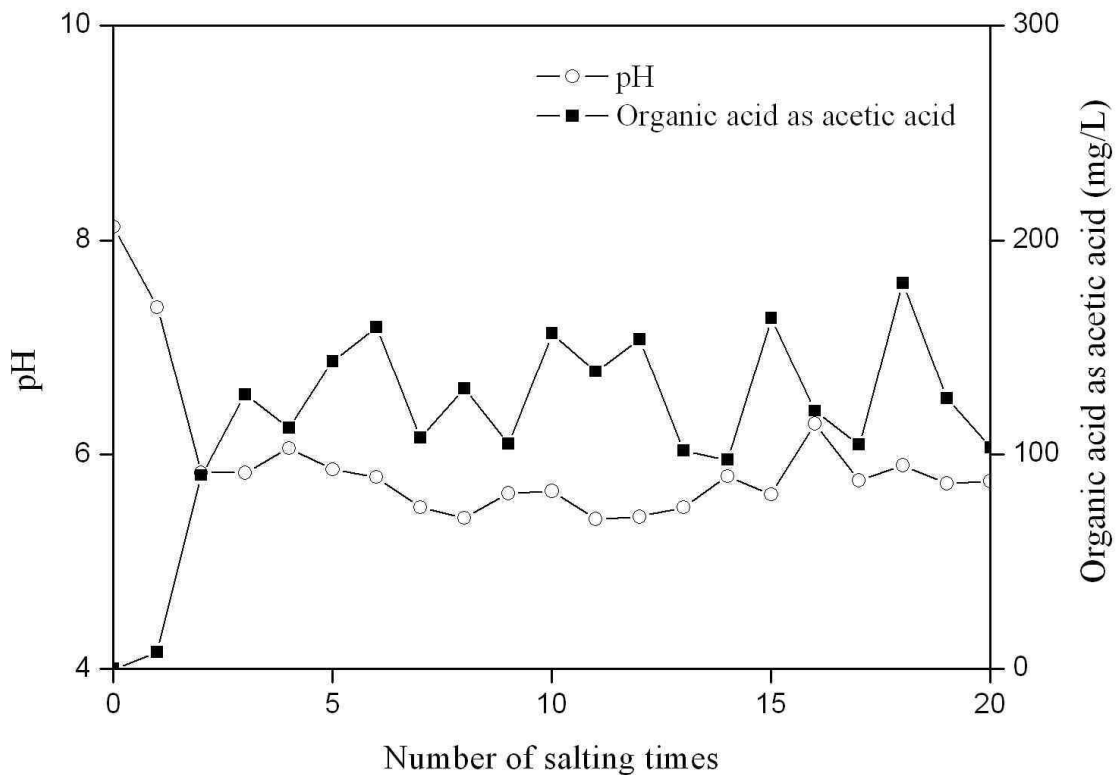


그림 29. Changes of pH and organic acid as acetic acid of brine recycled for Chinese cabbage salting.(-○- : pH, -■- : Organic acid as acetic acid)

(다) 유기물의 변화

배추를 반복하여 절이는 공정에서 발생하는 절임염수를 전기화학적 처리하였을 때 오염정도

의 변화를 알아보기 위하여 20회 반복 절임공정을 하는 동안 절임염수의 전기화학 처리 전후 시료를 채취하여 화학적 산소요구량을 측정하였으며 그 결과를 그림 30에 나타내었다. 초기 제조한 염수의 COD값이 63 mg/L로 나타났으며 이것은 천일염에 포함된 불순물 또는 천일염의 염류이온 등의 환원성 물질에 의한 것으로 사료된다(Han et al., 1998 Yoon et al., 2000). 초기 염수에 비해 6회 절임과정까지 COD값이 점차 증가하여 843.5 mg/L 까지 증가하였으며 7회 절임염수의 COD값은 1,970 mg/L 로 급격히 증가하였다. 7회에 COD 농도가 급격히 증가한 것은 20회 절임공정을 위해 배추를 구입할 때 약 5~6회 분량을 구입하여 보관하기 때문에 배추의 상태에 기인한 것으로 판단된다. 배추를 구입하여 오래 보관할수록 수분함량과 신선도가 감소하여 절임과정 중에 배추의 상한 부분이 유기물 농도를 증가시키는 원인일 것으로 생각되어 7회 절임과정 이후에는 약 2~3회 분량의 배추를 구입하여 사용하였으며 20회 사용 시에도 COD 농도가 급격히 증가하지 않는 것을 확인하였다.

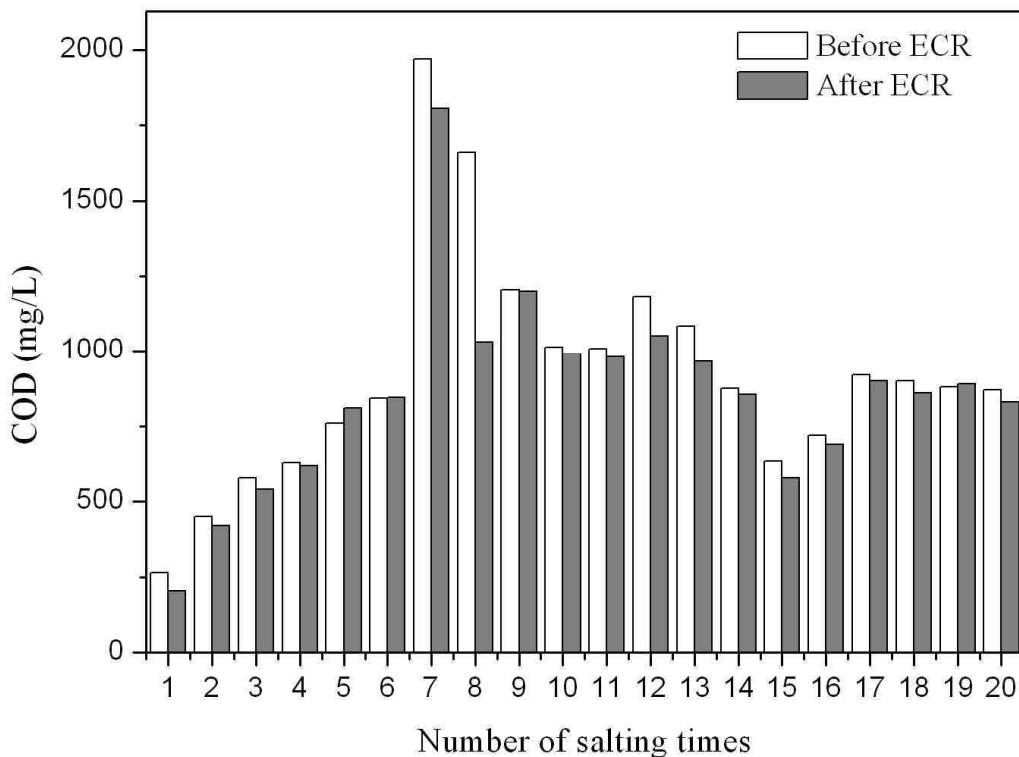


그림 30. Changes in COD of brines during 20 salting process and of electrochemical process.

(라) 미생물학적 변화

앞서 절임염수의 물리화학적 특성평가를 통해, 절임을 반복하고 절임수를 재사용함에 따라 유기물과 유기산의 증가를 확인하였다. 절임과정 중 배추에서 용출되는 염류나 유기산 등은 자연적인 현상으로 제어하기 어려운 부분이지만 전기화학적 처리를 통해 살균 효율을 확보하고자 하였다. 절임염수는 전기화학처리 전·후 샘플을 Merck사에서 제공되는 Microbiology Envirocheck Contact TVC Total Viable Counts를 이용하여 박테리아의 정량적 변화를 파악

하였다. 절임횟수가 잔류염소 약 8.7 mg/L 발생시켰을 때 9회 재사용 절임염수와 전기화학처리 절임염수의 변화를 보면 박테리아가 존재함을 확인할 수 있었으며, 12회 절임염수에서 잔류염소 12.9 mg/L 발생시켰을 때는 99.9% 제거됨을 확인하였다. 따라서 99.9%이상의 살균효율을 확보하기 위해서는 잔류염소 발생량을 최소 10 mg/L이상 유지시켜 주어야 할 것으로 판단된다. 이러한 염소의 살균효과는 Park and Kim(2007)이 Ru/Ti 전극을 이용한 미생물 살균력을 확인한 연구에서도 보고한 바 있다. 그러나 절임을 반복할수록 살균효율이 감소하는 경향을 나타내었다. 이것은 재사용 횟수가 증가할수록 미생물 증식이 증가하였을 것으로 판단되며 이후 염소 농도를 높여서 살균효과를 증대시켰다. 그 결과 19회 절임염수는 잔류염소 발생을 11.1 mg/L로 유지하였으나 완전히 살균되지 않았으며 20회에 18.5 mg/L로 잔류염소를 발생시켰을 때 99.9%이상의 살균효율을 나타내었다. Zhang et al.(2006)도 염소 농도가 높을수록 전기분해에 의한 E. coli 살균 효과가 증가한다고 보고한 바 있다. 재사용 횟수 20회 이상에서는 유기산을 포함한 유기물 및 배추자체에 붙어있던 미생물 등이 절임염수에 일정량 이상 농축되었기 때문으로 생각되며 절임 횟수가 증가하여 재사용 횟수가 증가됨에 따라 전력량을 증가시켜야 할 것으로 판단하였다.



그림 31. Changes in microbial growth during reusing pickle brine.

또한 절임염수의 전기화학처리 전·후 샘플의 대장균 추정시험 결과, 총 대장균군은 모두 음성으로 판정되었다. 표 12에는 살균효율의 지표로 공인시험분석기관에서 분석한 E. coli 및 총 세균수 평가 결과를 나타내었다. E. coli는 자체 평가결과와 같이 음성으로 나타났으나, 총 세

균수는 전기화학처리를 거치지 않은 절임염수의 경우  $3.2 \times 10^2$  cfu/g로 나타났고 전기화학 처리 후 음성으로 나타났다.

표 12. Changes in the microorganisms by electrochemical treatment

Sample	전기화학처리	E. coli	총 세균수
Sample 1	×	음성	$3.2 \times 10^2$ cfu/g
Sample 2	○	음성	음성

### (3) 결론

본 연구에서는 김치제조공정의 절임공정에서 발생하는 고농도의 절임염수를 재사용할 수 있는 경제성 있는 공정을 개발하고자 전기화학처리를 통한 절임염수의 살균효율과 그에 따른 절임염수의 정상 변화특성을 확인하고 재사용 가능성을 평가하였다. 본 연구를 통해 김치절임공정에서 발생하는 절임염수를 20회 이상 재사용 가능성 확인하였다. 그러나 생산규모의 시험에서 20회 이상 사용 시 품질확인이 필요하고, 재사용한 절임염수를 사용했을 때 독성이나 김치의 맛 평가 등의 연구가 중요하며 추후 이 부분에 대한 연구를 수행 예정이다.

### 제3절 절임배추의 위생 및 품질 관리를 위한 표준처리절차 개발

#### 1. HACCP 기준에 맞는 절임배추의 품질규격(안) 설정

절임배추의 품질규격을 개발하기 위하여 우선 절임배추의 원료인 배추, 소금 및 용수의 품질을 조사하고, 시판 중인 농협 절임배추의 품질을 분석하여 절임배추의 품질규격(안)을 개발하였다.

##### 가. 원료 품질규격(안)

###### (1) 배추의 위해요소 기준

절임배추의 품질을 만족시키는 배추의 품질은 농협 하나로클럽 매장에서 판매되는 배추의 품질기준을 화학적, 물리적 및 생물학적 위해요소 기준으로 나누어 적용하였다.

###### (가) 화학적 위해요소 기준

- ① 잔류농약 안전성 기준에 적합할 것
- ② 유해 무기물 안전성 기준에 적합할 것
  - ㉠ 납 : 0.3 mg/kg 이하일 것
  - ㉡ 카드뮴 : 0.2 mg/kg 이하일 것

###### (나) 물리적 위해요소 기준

- ① 외관이 신선하고 병든 부위가 없을 것
- ② 토사, 협잡물, 지푸라기, 쇠조각, 나뭇잎, 비닐, 노끈, 곤충사체 등 이물이 없을 것

###### (나) 생물학적 위해요소 기준

- ① 일반미생물
  - ㉠ 대장균군 :  $5 \times 10^3$  cfu/g 이하
  - ㉡ 일반세균 :  $5 \times 10^6$  cfu/g 이하
  - ㉢ 효모/곰팡이 :  $5 \times 10^3$  cfu/g 이하
- ② 병원성 미생물
  - ㉠ *Salmonella spp.* : 음성일 것
  - ㉡ *Clostridium perfringens* : 음성일 것
  - ㉢ *Staphylococcus aureus* : 음성일 것
  - ㉣ *Bacillus cereus* : 음성일 것
  - ㉤ *Listeria monocytogenes* : 음성일 것
  - ㉥ *Escherichia coli* : 음성일 것
  - ㉦ *Yersinia enterocolitica* : 음성일 것

(2) 배추의 위해요소 관리지침

위생적인 절임배추를 생산하기 위한 원료배추의 위해요소 관리지침은 그림1, 그림2, 그림3 및 그림4와 같다.

- (가) 원료배추는 3포기씩 망 포장상태로 반입되므로 기준에 적합한지 입고검사를 실시한다.
- (나) 냉장창고에 보관된 원료배추는 상한 것이 없는지 확인한다.
- (다) 원료배추는 밑둥과 겉잎을 제거하는 정선작업을 한다.
- (라) 정선된 원료배추는 플라스틱 박스에 담아 이송 컨베이어로 이동한다.



- 원료배추는 3포기씩 망 포장상태로 반입되므로 기준에 적합한지 입고검사를 실시한다.

그림 1. 원료 배추 : 3포기씩 망 포장상태로 반입



- 냉장창고에 보관된 원료배추는 상한 것이 없는지 확인한다.

그림 2. 원료 배추 : 냉장창고 보관 후 정선 준비





- 원료배추는 밑둥과 겉잎을 제거하는 정선작업을 한다.

그림 3. 원료 배추 정선작업



- 정선된 원료배추는 플라스틱 박스에 담아 이송 컨베이어로 이동한다.

그림 4. 정선된 원료 배추

## (2) 소금의 품질관리

소금의 종류는 천일염, 재제소금, 태움·용융소금, 정제소금, 기타소금 및 가공소금이 있고, 각각의 규격과 품질특성은 표1과 같은데, 이중 배추절임용으로는 가격과 품질을 고려하여 보통 정제염과 천일염을 사용한다.

- (가) 천일염 또는 정제염을 사용한다.
- (나) 소금의 규격은 식품공전 규격을 따른다.
- (다) 천일염은 당해 연도 생산품은 마그네슘 함량이 높아 쓴맛 클레임의 원인이 되므로 2년 이상 숙성된 것을 사용한다.

표 1. 소금의 규격과 품질특성

항목항목 \ 유형	천일염	재제소금	태움·용융소금	정제소금	기타소금	가공소금
(1) 염화나트륨(%)	70.0 이상	88.0 이상	88.0 이상	95.0 이상	88.0 이상	35.0 이상

				(해양심층수염은 70.0 이상)		
(2) 총염소(%)	40.0 이상	54.0 이상	50.0 이상	58.0 이상 (해양심층수염은 40.0 이상)	54.0 이상	20.0 이상
(3) 수분(%)	15.0 이하	9.0 이하	4.0 이하	4.0 이하 (해양심층수염은 10.0 이하)	9.0 이하	5.5 이하
(4) 불용분(%)	0.15 이하 (토판염은 0.3 이하)	0.02 이하	3.0 이하	0.02 이하	0.15 이하	-
(5) 황산이온(%)	5.0이하	5.0이하	5.0이하	0.4 이하 (해양심층수염은 5.0 이하)	5.0 이하	5.0이하
(6) 사분(%)	0.2이하	-	0.1 이하	-	-	-
(7) 비소(mg/kg)	0.5 이하	0.5 이하	0.5 이하	0.5 이하	0.5 이하	0.5 이하
(8) 납(mg/kg)	2.0 이하	2.0 이하	2.0 이하	2.0 이하	2.0 이하	2.0 이하
(9) 카드뮴(mg/kg)	0.5 이하	0.5 이하	0.5 이하	0.5 이하	0.5 이하	0.5 이하
(10) 수은(mg/kg)	0.1이하	0.1 이하	0.1 이하	0.1 이하	0.1 이하	0.1 이하
(11) 페로시안화 이온(g/kg)	불검출	0.010 이하	0.010 이하	0.010 이하	0.010 이하	0.010 이하

### (3) 용수의 품질관리

용수는 배추절임과 세척공정에서 다량 소요되어 원가에 영향을 주므로 지하수를 사용하기도 하였으나 위생관리에서 특히 중요하므로 점차 상수도를 사용하고 있으며 품질관리 기준은 다음과 같다.

(가) 먹는 물 수질검사기준에 적합하여야 한다.

(나) 지하수를 사용할 경우 6개월에 1회 이상 공인검사기관의 검사를 필하여야 한다.

#### 나. 절임배추의 품질규격(안) 설정

절임배추의 품질규격을 설정하기 위하여 실험결과를 토대로 한 guide line을 설정하고자 시중 유통 중인 절임배추의 품질특성을 분석하였다. 분석 시료는 농협 김치가공공장에서 생산되고 있는 절임배추를 제공받아 사용하였다. 분석한 시료는 웅천농협, 수안보농협, 부귀농협, 파주1공장, 파주2공장, 남양공장, 순천농협, 서안동농협, 경기1공장, 경기2공장에서 제공받았다.

##### (1) 절임배추의 이화학적 특성 분석

이화학 실험용 절임배추는 분쇄 후 특성을 측정하였다. 특히 염도분석은 분쇄된 시료를 여과

한 후 여액을 사용하였다. 농협 김치가공공장에서 생산된 절임배추의 이화학적 특성을 분석한 결과는 표 2와 같다.

표 2. 시중 유통절임배추의 세척 전후 이화학적 특성 분석결과

시료명	세척 전				세척 후			
	pH	산도(%)	염도(%)	수분(%)	pH	산도(%)	염도(%)	수분(%)
용천	6.40	0.12	1.21	93.18	6.48	0.11	1.42	95.05
수안보	6.09	0.19	1.85	94.46	6.58	0.13	1.19	93.17
부귀	6.60	0.12	1.13	93.84	5.80	0.21	1.01	92.43
파주1	5.21	0.20	2.05	91.85	4.96	0.27	1.70	94.19
파주2	5.30	0.21	1.74	-	4.75	0.31	2.21	-
남양	5.71	0.15	2.09	94.06	5.56	0.17	1.25	93.57
순천	5.42	0.20	1.59	93.15	5.95	0.19	1.46	93.53
서안동	5.87	0.14	2.95	91.72	6.24	0.15	1.23	94.03
경기1	6.22	0.14	2.30	93.23	5.16	0.21	1.87	92.80
경기2	5.03	0.23	1.82	-	5.30	0.21	1.60	-
<b>평균</b>	<b>5.79</b>	<b>0.17</b>	<b>1.87</b>	<b>93.18</b>	<b>5.68</b>	<b>0.20</b>	<b>1.49</b>	<b>93.59</b>
최대	6.60	0.23	2.95	94.46	6.58	0.31	2.21	95.05
최소	5.03	0.12	1.13	91.85	4.75	0.11	1.01	92.43

(가) 염도(%)

- ① 염도는 세척 전은 1.13~2.95 %(평균 1.87%)였으며, 세척 후는 1.01~2.21 %(평균 1.49%)였다.
- ② 시중 제품의 규격에 준하여 세척 전은 1.10~3.00 %, 세척 후는 1.00~2.50 %로 설정하고자 한다.

(나) pH

- ① pH는 세척 전은 5.03~6.60(평균 5.79)이었으며, 세척 후는 4.75~6.58(평균 5.68)이었다.
- ② 시중 제품의 규격에 준하여 5.0~6.6, 세척 후는 4.7~6.6으로 설정하고자 한다.

(다) 산도(%)

- ① 세척 전은 0.12~0.23 %(평균 0.17%)이었으며, 세척 후는 0.11~0.31 %(평균 0.20 %)이었다.
- ② 시중 제품의 규격에 준하여 세척 전 0.10~0.25%, 세척 후는 0.10~0.30 %로 설정하고자 한다.

(라) 수분(%)

- ① 세척 전 수분은 91.85~94.46 %(평균 93.18%)였으며, 세척 후는 92.43~95.05 %(평균 93.59%)였다.
- ② 시중 제품의 규격에 준하여 세척 전후 모두 92~95 %로 설정하고자 한다.

(2) 절임배추의 이화학적 규격(안)

이상의 분석결과를 토대로 절임배추의 이화학적 규격기준(안)을 표 3과 같이 설정하였다.

표 3. 절임배추의 세척 전후의 이화학적 규격기준(안)

구분	세척 전				세척 후			
	pH	산도(%)	염도(%)	수분(%)	pH	산도(%)	염도(%)	수분(%)
기준(안)	5.0 ~6.6	0.10 ~0.25	1.10 ~3.00	92~95	4.7 ~6.6	0.10 ~0.30	1.00 ~2.50	92~95

(3) 절임배추의 미생물 특성 분석

미생물 분석은 2회 시험하였고 미생물 실험용 절임배추는 clean bench에서 검체 25 g을 무균적으로 취하여 225 mL의 펩톤수에 가한 후 희석배율에 따라 일반 미생물 및 병원성 미생물 실험을 수행하였다. 실험결과는 표 4 및 표 5와 같다.

표 4. 시중 유통절임배추의 세척 전후 일반 미생물 특성 분석결과 <1차>

시료명	세척 전(cfu/g)			세척 후(cfu/g)		
	대장균군	일반세균	효모/곰팡이	대장균군	일반세균	효모/곰팡이
웅천	11x10 <sup>2</sup>	48x10 <sup>4</sup>	49x10 <sup>2</sup>	27x10 <sup>2</sup>	35x10 <sup>4</sup>	음성
수안보	21x10 <sup>2</sup>	78x10 <sup>3</sup>	12x10 <sup>1</sup>	37x10 <sup>2</sup>	12x10 <sup>4</sup>	10x10 <sup>1</sup>
부귀	46x10 <sup>2</sup>	78x10 <sup>3</sup>	28x10 <sup>1</sup>	31x10 <sup>2</sup>	28x10 <sup>4</sup>	음성
과주	34x10 <sup>1</sup>	15x10 <sup>4</sup>	15x10 <sup>1</sup>	음성	11x10 <sup>4</sup>	2x10 <sup>1</sup>
남양	45x10 <sup>2</sup>	23x10 <sup>4</sup>	54x10 <sup>1</sup>	1x10 <sup>1</sup>	80x10 <sup>3</sup>	1x10 <sup>1</sup>
순천	4x10 <sup>1</sup>	55x10 <sup>3</sup>	1x10 <sup>1</sup>	81x10 <sup>1</sup>	20x10 <sup>4</sup>	음성
서안동	69x10 <sup>1</sup>	35x10 <sup>3</sup>	31x10 <sup>1</sup>	63x10 <sup>1</sup>	29x10 <sup>4</sup>	음성
경기	32x10 <sup>3</sup>	14x10 <sup>4</sup>	20x10 <sup>1</sup>	36x10 <sup>2</sup>	68x10 <sup>3</sup>	4x10 <sup>1</sup>
평균값	56x10 <sup>2</sup>	16x10 <sup>4</sup>	81x10 <sup>1</sup>	18x10 <sup>2</sup>	19x10 <sup>4</sup>	2x10 <sup>1</sup>
최대값	32x10 <sup>3</sup>	48x10 <sup>4</sup>	49x10 <sup>2</sup>	37x10 <sup>2</sup>	35x10 <sup>4</sup>	10x10 <sup>1</sup>
최소값	4x10 <sup>1</sup>	35x10 <sup>3</sup>	1x10 <sup>1</sup>	음성	68x10 <sup>3</sup>	음성

표 5. 시중 유통절임배추의 세척 전후 병원성 미생물 분석결과 <1차>

시료명	세척 전							세척 후						
	SS	C	SA	B	L	E	Y	SS	C	SA	B	L	E	Y
웅천	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성
수안보	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성
부귀	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성
과주	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성
남양	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성
순천	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성
서안동	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성
경기	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성
평균	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성

\* 병원성미생물의 약칭과 전제이름: SS. *Salmonella spp.*, C. *perfringens*, SA *S. aureus*, B. *B. cereus*, L. *L. monocytogens*, E. *E. coli*, Y. *Y. enterocolitica*

표 6. 시중 유통절임배추의 세척 전후 일반 미생물 특성 분석결과 <2차>

시료명	세척 전(cfu/g)			세척 후(cfu/g)		
	대장균군	일반세균	효모/곰팡이	대장균군	일반세균	효모/곰팡이
과주	60	22x10 <sup>5</sup>	30x10 <sup>1</sup>	0	38x10 <sup>5</sup>	17x10 <sup>2</sup>
남양	30	44x10 <sup>4</sup>	58x10 <sup>1</sup>	30	19x10 <sup>4</sup>	8x10 <sup>1</sup>
청산	50	37x10 <sup>4</sup>	16x10 <sup>2</sup>	80	18x10 <sup>5</sup>	13x10 <sup>2</sup>
수안보	60	19x10 <sup>5</sup>	82x10 <sup>1</sup>	150	38x10 <sup>5</sup>	14x10 <sup>2</sup>
선도	30	20x10 <sup>5</sup>	72x10 <sup>2</sup>	0	18x10 <sup>5</sup>	28x10 <sup>2</sup>
화원	30	43x10 <sup>5</sup>	25x10 <sup>1</sup>	40	15x10 <sup>5</sup>	36x10 <sup>1</sup>
부귀	20	31x10 <sup>5</sup>	21x10 <sup>1</sup>	0	30x10 <sup>5</sup>	16x10 <sup>2</sup>
순천	20	26x10 <sup>4</sup>	18x10 <sup>1</sup>	80	20x10 <sup>5</sup>	11x10 <sup>1</sup>
서안동	0	66x10 <sup>4</sup>	60x10 <sup>2</sup>	0	15x10 <sup>4</sup>	19x10 <sup>2</sup>
웅천	30	54x10 <sup>3</sup>	39x10 <sup>2</sup>	10	45x10 <sup>3</sup>	12x10 <sup>2</sup>
여수	0	89x10 <sup>1</sup>	15x10 <sup>2</sup>	0	72x10 <sup>3</sup>	11x10 <sup>2</sup>
평균값	30	14x10 <sup>5</sup>	21x10 <sup>2</sup>	35	15x10 <sup>5</sup>	12x10 <sup>2</sup>
최대값	60	43x10 <sup>5</sup>	72x10 <sup>2</sup>	150	38x10 <sup>5</sup>	28x10 <sup>2</sup>
최소값	0	89x10 <sup>1</sup>	18x10 <sup>1</sup>	0	45x10 <sup>3</sup>	8x10 <sup>1</sup>

표 7. 시중 유통절임배추의 세척 전후 병원성 미생물 분석결과 <2차>

시료명	세척 전							세척 후						
	SS	C	SA	B	L	E	Y	SA	C	SS	B	L	E	Y
과주	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성
남양	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성
청산	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성
수안보	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성
선도	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성
화원	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성
부귀	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성
순천	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성
서안동	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성
웅천	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성
여수	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성
평균	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성

이상의 분석결과와 절임식품의 일반미생물 규격인 1)대장균군(cfu/g) 4x10<sup>3</sup> 이하, 2)총균수(cfu/g) 5x10<sup>6</sup> 이하, 3)효모/곰팡이(cfu/g) : 5x10<sup>3</sup> 이하 및 4)병원성 미생물(*Salmonella spp.*, *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Yersinia enterocolitica*) 음성 를 토대로 절임배추의 일반미생물 및 병원성미생물 규격기준(안)을 표 8 및 표 9와 같이 설정하였다.

표 8. 절임배추의 세척 전후의 일반미생물 규격기준(안)

구분	세척 전(cfu/g)			세척 후(cfu/g)		
	대장균군	일반세균	효모/곰팡이	대장균군	일반세균	효모/곰팡이
기준	4x10 <sup>3</sup> 이하	5x10 <sup>6</sup> 이하	5x10 <sup>3</sup> 이하	4x10 <sup>3</sup> 이하	4x10 <sup>6</sup> 이하	3x10 <sup>3</sup> 이하

표 9. 절임배추의 세척 전후의 병원성미생물 규격기준(안)

병원성 미생물명	세척 전	세척 후
<i>Salmonella spp.</i>	음성	음성
<i>Clostridium perfringens</i>	음성	음성
<i>Staphylococcus aureus</i>	음성	음성
<i>Bacillus cereus</i>	음성	음성
<i>Listeria monocytogenes</i>	음성	음성
<i>Escherichia coli</i>	음성	음성
<i>Yersinia enterocolitica</i>	음성	음성

\* 병원성 미생물은 세척 전후 모두 검출되지 않았다.

(3) 절임배추의 관능품질 규격(안)

절임배추의 관능품질은 품질특성의 강도와 선호도를 평가하였고, 강도의 품질특성으로는 외관(색상), 냄새(이취), 맛(짠맛, 쓴맛, 신맛), 조직감(절임정도, 아삭한정도)을 측정하였고, 선호도는 색상, 조직감 및 종합적인 맛을 7점 척도법으로 측정하였다. 절임배추의 관능품질 규격(안)은 평점이 3.5점 이상이면서 3.0점 미만이 없을 것으로 설정하였다.

표 10. 절임배추의 관능검사 결과표(안)

	강도						선호도			
	외관	냄새	맛			조직감		색상	조직감	종합 맛
점수	색상	이취	짠맛	쓴맛	신맛	절임정도	아삭한정도			
1점										
2점										
3점										
4점										
5점										
6점										
7점										
총점										
평점	3.5 점 이상일 것									
최소	3.0 점 미만이 없을 것									

표 11. 절임배추의 관능평가 기준표

점수	1	2	3	4	5	6	7
강도	매우 약하다	약하다	약간 약하다	보통이다	약간 세다	세다	매우 세다
선호도	매우 나쁘다	나쁘다	약간 나쁘다	보통이다	약간 좋다	좋다	매우 좋다

## 2. 이동식 배추 자동절임장비의 HACCP 기준에 맞는 설계기준

이동식 배추 자동절임장비의 HACCP 기준에 맞는 설계기준을 개발하기 위하여 주관기관에서 개발한 이동식 배추 자동절임장비의 절임배추 생산 공정을 분석하고, 각 공정에서 예상되는 위생안전 문제점을 연구하여 공정설계에 반영하였다. 개발된 공정은 크게 트레일러의 이동부, 배추 연속 자동 절임부 및 염수재처리부의 3부로 나누어지고 각 부는 다시 다음과 같이 여러 공정으로 구성되었다.

### 가. 트레일러의 이동부

- (1) 이동준비
- (2) 이동
- (3) 설치

### 나. 배추 연속 자동절임부

- (1) 배추 다듬기
- (2) 배추 쪼개기
- (3) 배추 쌓기
- (4) 배추 절임
- (5) 절임배추 꺼내기
- (6) 절임배추 운송

### 다. 염수재처리부

- (1) 염수제조
- (2) 염수이송
- (3) 염수살균
- (4) 염수여과
- (5) 염수공급

이동식 배추 자동절임장비는 크게 염수제조설비와 연속식 절임설비로 구성된다. 각 공정별 위생안전 요구조건을 반영하여 설계하고 제작한 이동식 배추 자동절임장비를 합동으로 시운전 하면서 실제로 현장에서 일어나는 작업자의 행동을 관찰하여 작업자의 작업지침을 개발하였고, 절임장비의 문제점과 개선방안을 도출하였다. 각 공정설비의 설계기준은 다음과 같다.

### 가. 이동식 절임트레일러의 설계기준 개발

- (1) 트레일러의 이동부 설계기준

트레일러는 조립, 해체 및 이동이 용이한 구조로 설계 및 시공되어야 한다.

- (가) 트레일러 이동준비

절임작업이 완료되면 다음 장소로 이동하기 위하여 설비청소, 해체 및 작업장 정리정돈을 실시한다.

- ① 사용한 염수는 회수조로 이송하고, 절임조 바닥에 남아 있는 모래와 흙 등 이물질은 드레인 밸브를 열어 트레일러 외부로 배출한다.
- ② 전기는 적산전력계 전원을 차단하고 전원코드를 분리한다.
- ③ 용수는 밸브를 잠그고 배관을 분리한다.
- ④ 배추호퍼를 접어 세우고 차양을 접는다. 호퍼에 남아있는 배춧잎과 흙을 제거한다.
- ⑤ 외장천막 지지봉을 중앙으로 밀어 넣는다. 지붕천막에 고여 있는 물을 제거하고 밀어 넣어 천막의 손상을 방지한다.
- ⑥ 발판을 접고 외장천막을 끈으로 고정시킨다. 천막 측면과 앞면을 단단히 묶어서 이동 시 이물질(벌레, 먼지 등)이 들어오지 않도록 한다.
- ⑦ 사용한 부지는 정리정돈하고 깨끗하게 청소하여 원상으로 회복시킨다.

#### (나) 이동

절임작업이 완료되면 다음 장소로 이동하게 되는데 이동 시 트레일러가 분리되거나 하는 만일의 사태에 대비하기 위하여 트레일러가 운전자가 먼저 출발하고, 이어서 작업자 차량이 뒤를 따른다.

- ① 트랙터를 트레일러에 결합한다. 모든 작업은 트랙터 기사의 지시에 따라 신중하고 안전하게 움직인다.
- ② 트레일러가 출발하면 작업자 차량은 뒤에 따라가면서 끈이 풀어지거나 부속물이 떨어지는지 관찰한다.

#### (다) 설치

트레일러 설치장소는 사전에 답사하여 포장된 부지를 선정하고, 포장된 부지가 없을 시는 물 빠짐이 좋고 지내력이 양호한 부지를 선정하여 바닥에 천막을 깔아 작업 중 토사 등에 의한 오염을 예방할 수 있는 조치를 취한다.

- ① 포장된 부지에 트레일러를 정치하고 수평을 맞춘다.
- ② 전기(3상)와 용수를 연결한다. 용수의 수질을 미리 조사하여 안전한지 확인한다.
- ③ 발판을 설치하고 외장천막 지지봉을 뽑아내어 천막을 고정시킨다. 발판을 물로 청소한다.
- ④ 새로운 작업을 위하여 절임설비 라인을 청소하고 소독한다.
- ⑤ 염수의 양과 염도 등 품질을 평가한 후 염수를 재처리하고 보충하여 염수를 가열한다.

### (2) 배추 연속 자동절임부 설계기준

이동식 자동절임부는 정선배추 이송 및 이절 설비, 이절 배추 이송 및 유도설비, 절임조 및 절임배추 이송설비로 구성된다. 각 공정별 설비운영 및 위생관리지침을 확립하여 절임공정이 안전하고 위생적으로 관리되도록 작업지침을 설정하였다.





- 이동식 절임장비는 작업장 안으로 벌레 등이 유입되지 못하도록 천막으로 cover를 하였다. 천정의 조명용 전등은 파손 시 비산방지를 위하여 플라스틱 cover를 한다.

그림 5. 이동식 절임장비 설치 후 외관

#### (가) 배추 다듬기

다듬기 공정은 배추 자동절임장비의 절임배추 제조공정에서 중요관리점(CCP1)으로 판단되어 이물제거와 병반부위 제거를 철저하게 해야 한다. 특히 배추는 토양에서 재배, 수확되어 단순포장을 하기 때문에 흙이나 이물 등이 부착되어 있거나, 운송 중 충돌 등에 의한 짓무름 등이 발생되므로 정선 공정을 통해 불가식 부위를 제거하고 포장재 및 외피 탈피를 실시한다. 그리고 온도기준이 이탈된 상태로 운송되거나 실온에서 오랫동안 방치할 경우 품온 상승으로 인해 세균이 증식될 수 있으므로 이에 대한 관리가 필요하다.

- ① 산지 정선 : 배추밭에서 직접 정선작업을 하는 경우
  - ㉠ 배추상자가 흙에 닿지 않도록 거치대를 설치하고 상자를 올려놓는다.
  - ㉡ 칼이 흙에 닿지 않도록 밑등을 절단하고 걸잎을 제거하고 5포기씩 상자에 담는다.
  - ㉢ 정선된 배추는 이동식 절임장치로 이송한다.
- ② 저장 배추 정선 : 냉장창고에 보관 중인 배추를 정선하는 경우
  - ㉠ 3포기씩 망에 포장된 배추를 이동식 절임장치로 운반한다.
  - ㉡ 운반된 배추는 쏟아서 걸잎과 뿌리를 제거한다.
  - ㉢ 저장 중 발생한 병반부위를 철저하게 제거하여 2차 오염을 방지한다.

#### (나) 배추 쪼개기

- ① 정선된 배추는 밑동이 전방으로 향하게 하여 중심축에 정확히 맞추어 절단기용 컨베이어에 적재한다.
- ② 작업효율을 기하기 위하여 배추는 연속으로 투입하여야하고 절단기를 거치면서 2절된 배추는 절임조로 자동 이송된다.



그림 6. 배추 이송 컨베이어 및 이절장치

- 정선된 배추는 밑둥이 상부로 향하도록 하여 loading하면, 이송되면서 절단장치에서 2단으로 절단된다.

#### (다) 절임조에 배추 투입하기

2절된 배추는 컨베이어를 타고 이송되는데 유도장치에 의해 절임조 A, B, C 및 D로 투입될 수 있도록 고안되어 있다. 또한 유도장치는 각 탱크별로 후반부, 중앙 및 전반부로 이동시킬 수 있도록 고안되어 있어 투입부위를 조절할 수 있다. 본 공정에서는 염수 충전, 유도장치를 활용한 이절배추 투입, 절임조 덮개 조작 순으로 이어진다.

- ① 절임조에 염수를 반쯤 채운다. 염수의 품질은 오감으로 판단하고 이상이 있을 시 이동식 염도계와 온도계를 이용하여 check한다.
- ② 배추유도장치를 절임조의 후단에 맞추고 이절 배추를 절임조에 투입한다. 낙하 시 충격으로 배추가 손상되지 않도록 염수의 수위조절을 적절히 한다.
- ③ 후반부에 이절배추가 높이 쌓이면 유도장치를 절임조의 중앙과 전반부로 이동시키며 가득 쌓는다.
- ④ 배추가 절임조 밖으로 떨어지지 않도록 유도장치에서 투입된 배추를 절임조 안에 고르게 펼친다.
- ⑤ 절임조 덮개를 덮고 잠근다. 배추가 절임조 덮개 사이로 빠져나오지 않도록 방향을 조절한다.
- ⑥ 나머지 절임조에도 위의 순서대로 순차적으로 배추를 쌓는다. 염수순환 속도에 맞추어 투입속도를 조절한다.

#### (라) 배추 절임

절임공정은 염수의 농도와 온도가 중요하다. 배추투입공정에서 고농도의 염수는 배추가 흡수하여 농도 및 온도가 낮아지게 된다. 이를 일정하게 유지하기 위하여 투입공정 중 묽은 염수를 회수하고, 재처리한 염수를 주입하는 것을 반복한다.

- ① 가열한 고농도염수를 절임조에 주입한다. 염수가 넘치지 않도록 마지막 단계에서 일시 정지했다가 기포가 빠지면서 염수가 배춧잎 사이로 채워져 수위가 낮아지면 다시 주입하여 상부 배추가 잠기도록 가득 채운다.(덮개와 배추사이에 누름판을 얹으면 더 효과적임)
- ② 염수를 20분간 채운 다음 묽어지고 식은 염수를 회수조로 배출한다. 염수의 배출을 육

안과 소리로 판단한다.

- ③ 데워진 고농도 염수를 절임조에 다시 채운다. 주입구 쪽은 거품이 발생되므로 반대쪽의 수위를 관찰한다. [1차]
- ④ 염수를 50분간 채운 다음 끓어지고 식은 염수를 회수조로 배출한다. 염수의 배출을 육안과 소리로 판단한다.
- ⑤ 데워진 고농도 염수를 절임조에 다시 채운다. 주입구 쪽은 거품이 발생되므로 반대쪽의 수위를 관찰한다. [2차]
- ⑥ 염수를 50분간 채운 다음 끓어지고 식은 염수를 회수조로 배출한다. 염수의 배출을 육안과 소리로 판단한다.
- ⑦ 데워진 고농도 염수를 절임조에 다시 채운다. 주입구 쪽은 거품이 발생되므로 반대쪽의 수위를 관찰한다. [3차]
- ⑧ 염수를 50분간 채운 다음 끓어지고 식은 염수를 회수조로 배출한다. 염수의 배출을 육안과 소리로 판단한다.
- ⑨ 데워진 고농도 재처리 염수를 절임조에 다시 채워서 30분간 유지한다. 주입구 쪽은 거품이 발생되므로 반대쪽의 수위를 관찰한다. [최종]

#### (마) 절임배추 꺼내기

절임농도가 품질기준에 적합할 경우 절임배추를 꺼내어 세척을 준비한다.

- ① 절임배추 이송컨베이어를 세척조에 연결 설치한다(세척조를 세척트레일러에 탑재한 경우). [세척 트레일러로 이동 시 발판에서 미끄러지지 않도록 한다.]
- ② 절임배추를 담은 대형용기를 바닥에 설치하고 절임배추 이송 컨베이어 끝에 위치시킨다. 바닥을 청결하게 하고 용기의 위치를 약간 안쪽으로 위치시킨다.
- ③ 절임조의 덮개를 열고 배추 컨베이어와 이송컨베이어를 작동시킨다. [덮개 개폐 시 손가락이 끼이지 않도록 한다.]
- ④ 엉긴 절임배추를 청결한 대막대기 등을 이용하여 흔들어 풀어준다.
- ⑤ 절임배추 밀기장치를 작동시켜 절임배추를 전단부로 민다. 배출속도에 맞추어 미는 속도를 조절한다.
- ⑥ 절임배추를 모두 배출시키고 염수를 반쯤 배출한 다음 이절 배추를 다시 쌓는다. 염수의 품질은 오감으로 판단하고 이상이 있을 시 이동식 염도계와 온도계를 이용하여 check한다.

#### (바) 절임배추 운송

품질기준에 적합한 절임배추는 이송용 플라스틱 용기에 주입하고 이송차량에 적재한 후 세척설비가 구비된 김치공장으로 이송한다.

- ① 절임배추는 대형 플라스틱 용기에 1 ton씩 주입한다.
- ② 대형용기에 담아진 절임배추는 지게차를 이용하여 냉장탑차에 적재하고 김치공장으로 운송한다.
- ③ 지게차를 이용하여 하역한 후 세척준비실로 운반한다.

(사) 절임배추 세척 : 연속공정 가동시

- ① 세척트레일러로 이송된 절임배추는 세척, 정선, 탈수, 냉각 및 포장하여 출하한다. 본 연구에서는 세척트레일러는 미비하므로 앞으로 설계 제작 시 충분한 검토가 요망된다.

(3) 염수재처리부 설계기준

염수재처리부는 염수저장조, 콘트롤판넬, basket filter, 활성탄 여과기(active carbon filter), 미세여과기(MF filter), 전기화학조, 전기화학 처리수조 및 잔류염소 측정기로 구성된다. 주요 설비별 설계기준은 다음과 같다.

① 염수저장탱크

- ㉞ 염수 가온장치는 정상적으로 작동될 것 : 온도계 활용
- ㉞ 염농도는 항상 설정된 농도 이상으로 유지할 것 : 염도계 활용
- ㉞ 탱크의 부식여부를 수시로 확인할 것

② 염수 재처리 장치

- ㉞ 재사용 염수의 이물제거, 탈색 및 탈취 기능이 정상적으로 작동될 것
  - A/C filter, MF filter는 spare part를 준비할 것
- ㉞ 염수는 잔류염소를 10~20 mg/L 농도로 유지할 것 : 잔류염소 간이 측정기를 활용
- ㉞ 재생 염수는 미생물학적으로 안전할 것 : ATP 측정기 활용



그림 7. 절임염수 재사용 장치 우측 설치도



그림 8. 절임염수 재사용 장치 좌측 설치도

(가) 염수제조

- ① 염수제조장치에 수도수 또는 지하수를 채우고 소금을 부으며 폭기시켜 포화농도로 녹인다. [소금포대 개봉 시 이물이 발생되어 염수에 혼입되지 않도록 포대를 조심스럽게 개봉한다.]
- ② 용해된 염수는 회수조로 모아 30℃로 가열한다. 염수의 염도가 포화에 도달했는지 점검한다.[이동식 염도계를 사용하여 염도를 측정한다.]
- ③ 회수조에 모아진 가열염수를 절임조로 순환하여 배추를 절인다.



그림 9. 염수제조탱크 : 외관

- 염수제조탱크는 하부의 염수 저장탱크와 상부의 염수 재생장치로 구성한다.



- 염수제조탱크 상부의 소금 투입구를 통해 소금을 주입하면서 용해시킨다.

그림 10. 염수제조탱크 상부 : 소금 투입구

(나) 염수이송 및 1차 여과

- ① 묻어지고 오염된 염수를 회수조에서 펌핑하여 바스켓필터로 이송한다. 염수 흡입밸브가 막히지 않도록 관 끝에 기름망을 설치하고, 바스켓필터는 주기적으로 세척한다.
- ② 바스켓필터에서 입자성 불순물을 제거한 염수를 탈색 및 탈취공정으로 이송한다.

(다) 염수 2차 및 3차 여과

- ① 1차 여과된 염수를 활성탄 여과망을 통하여 2차 여과로 탈색, 탈취 및 잔류염소를 제거한다. [활성탄은 여과액에 염소 잔류염소 잔존유무를 확인하여 주기적으로 교체한다.]
- ② 2차 여과된 염수는 3차 미세여과하여 부유 활성탄을 제거하고 재처리염수 저장조에 저장한다. 여과압이 증가하면 여과 필터를 교체한다. [2 bar를 넘길 시 필터 교체]

(라) 염수살균

- ① 3차 여과된 염수는 전기화학반응조에 이송하면서 전류를 공급하여 염소를 발생시킨다. [염수의 유입속도와 전류량의 비율이 맞도록 유입밸브와 전류를 조절하여 염소발생]
- ② 염소농도가 10~20 mg/L가 되도록 전류량을 자동조절하여 살균한다. [염수의 흐름이 일정해지면 전류량이 자동조절 되도록 설정]

(마) 염수공급

- ① 저장된 재처리염수를 배추절임조의 최종 염수교환용(4번째 순환)으로 공급한다. 저장조A에 저장된 재처리 염수(3톤)를 배추절임조로 공급하고 다시 재처리 염수를 모은다.
- ② 절임조에서 회수조로 회수된 염수를 펌핑하여 시간당 2톤 규모로 연속 재처리한다. 재처리한 염수의 품질을 평가하여 계속 사용 여부를 판단한다.



그림 11. 염수재사용장치

● 염수재생장치는 여과장치와 살균장치로 구성되며, 사용이 완료된 염수는 회수라인을 통해 회수하면서 이물 제거 및 살균공정을 거친다.



그림 12. 절임조 내부

● 절임조 내부는 하부에 배수공을 갖추고, 절임 후 이송용 컨베이어벨트를 장착한다.



그림 13. 절임조 : 염수 투입 중

● 절임조에 염수를 투입하고 있는 중이다.



그림 14. 절임조 : 이절배추 투입 중

● 염수 투입이 완료되면 이절배추를 투입한다.



그림 15. 배추 절임조 : 덮개 후 절임 중

● 절임조 용량에 맞게 이절배추 이송이 완료되면 덮개를 하고 절임을 진행한다.



그림 16. 배추 절임조 : 염수배제 중

● 절임이 완료되면 절임배추를 이송한다.





그림 17. 절임조 바닥 : 절임작업 완료 후

- 절임 작업 완료 후 절임배추를 이송하고, 염수를 배제시킨다.



그림 18. 절임조 바닥 : 잔류물 청소

- 절임조 바닥의 잔류물은 다음 작업을 위해 청소를 한다.



그림 19. 다듬기 작업 후 폐기물 정리

- 절임이 완료되면 정선 작업 폐기물을 정리한다.

### 3. 자동화장비로 제조한 절임배추 및 김치의 품질평가

#### 가. 이동식 자동화장비로 제조한 절임배추의 품질평가

이동식 자동화장비로 제조한 절임배추의 품질을 평가한 결과는 표 16에서 보듯이 품질규격(안)에 모두 적합하였다.

표 12. 이동식절임장치에서 생산된 절임배추 품질규격 및 분석결과

분석항목		품질규격(안)	분석결과
이화학적 특성	pH	5.0~6.6	5.9
	총산도(%)	0.10~0.25	0.18
	염도(%)	1.1~3.0	2.1
	수분(%)	92.0~95.0	93.4
일반 미생물	대장균군(cfu/g)	$4 \times 10^3$	$4 \times 10^1$
	세균수(cfu/g)	$5 \times 10^6$	$3.7 \times 10^4$
	효모/곰팡이(cfu/g)	$5 \times 10^3$	$1.5 \times 10^3$
병원성 미생물	<i>Salmonella spp.</i>	음성	음성
	<i>Clostridium perfringens</i>	음성	음성
	<i>Staphylococcus aureus</i>	음성	음성
	<i>Bacillus cereus</i>	음성	음성
	<i>Listeria monocytogenes</i>	음성	음성
	<i>Escherichia coli</i>	음성	음성
	<i>Yersinia enterocolitica</i>	음성	음성

#### (1) 절임배추의 이화학적 특성

##### (가) pH

이동식 자동화장비로 제조한 절임배추의 pH는 5.9로 절임배추의 품질규격(안)인 pH 5.0~6.6의 범위에 들어 적합하였다.

##### (나) 총산도

이동식 자동화장비로 제조한 절임배추의 총산도는 0.18%로 절임배추의 품질규격(안)인 0.10~0.25%의 범위에 들어 적합하였다.

##### (다) 염도

이동식 자동화장비로 제조한 절임배추의 염도는 2.1%로 절임배추의 품질규격(안)인 1.1~3.0%의 범위에 들어 적합하였다.

##### (라) 수분

이동식 자동화장비로 제조한 절임배추의 수부함량은 93.4%로 절임배추의 품질규격(안)인 92.0~95.0%의 범위에 들어 적합하였다.

## (2) 절임배추의 미생물학적 특성

### (가) 일반미생물

#### ① 대장균군수

이동식 자동화장비로 제조한 절임배추의 대장균군수는  $4 \times 10^1$  cfu/g으로 절임배추의 품질규격(안)인  $4 \times 10^3$  cfu/g 보다 적어서 적합하였다.

#### ② 총균수

이동식 자동화장비로 제조한 절임배추의 총균수는  $3.7 \times 10^4$  cfu/g으로 절임배추의 품질규격(안)인  $5 \times 10^6$  cfu/g 보다 적어서 적합하였다.

#### ③ 효모/곰팡이수

이동식 자동화장비로 제조한 절임배추의 효모/곰팡이수는  $1.5 \times 10^3$  cfu/g으로 절임배추의 품질규격(안)인  $5 \times 10^3$  cfu/g 보다 적어서 적합하였다.

### (나) 병원성 미생물 규격

이동식 자동화장비로 제조한 절임배추의 병원성미생물은 모두 음성이어서 절임배추의 품질규격(안)인 모두 음성에 적합하였다.

### (다) 병원성 미생물 실험방법

#### ① Salmonella spp.

##### ㉠ 증균배양

검체 25 g을 취하여 225 mL의 펩톤수에 가한 후 35~37°C 에서 24±2시간 증균 배양하였다. 배양액 0.1 mL를 취하여 10 mL의 Rappaport-Vassiliadis배지에 접종하여 42±1°C에서 24±2시간 배양하였다.

##### ㉡ 분리배양

증균배양액을 MacConkey 한천배지 또는 Desoxycholate Citrate 한천배지 또는 XLD 한천배지 또는 Bismuth Sulfite 한천배지에 접종하여 35~37°C에서 24±2시간 배양한 후 전형적인 집락은 확인시험을 실시하였다.

##### ㉢ 확인시험

###### - 생화학적 확인시험

분리 배양된 평판배지상의 집락을 보통한천배지에 옮겨 35~37°C에서 18~24시간 배양한 후, TSI 사면배지의 사면과 고층부에 접종하고 35~37°C에서 18~24시간 배양하여 생물학적 성상을 검사한다. 살모넬라는 유당, 서당 비분해(사면부 적색), 가스생성(균열 확인) 양성인 균에 대하여 그람음성 간균, urease 음성, Lysine decarboxylase 양성 등의 특성이 확인되면 살모넬라 양성으로 판정하였다.

###### - 응집시험

균종 확인이 필요한 경우 Spicer-Edwards등과 같은 H 혼합혈청과 O 혼합혈청을 사용하여 응집반응을 확인하였다.

#### ② Clostridium perfringens

##### ㉣ 균수 측정

검체 25 g을 취하여 225 mL의 희석액을 가한 후 1~2분간 저속으로 균질화한 후 10배 단계

희석액을 만들었다. 시험용액 및 단계별 희석액 1 mL씩을 2배 이상의 멸균 페트리접시에 무균적으로 분주하고, 43~45°C로 유지한 난황을 첨가하지 않은 TSC 한천배지 10~15 mL를 가하여 좌우로 돌리면서 잘 혼합한 후 응고시킨다. 응고된 배지 위에 다시 동일한 배지 10 mL를 가하여 중첩시킨 후 35~37°C에서 24±2 시간 혐기 배양한다. 150개 이하의 전형적인 검은색 집락이 확인된 평판을 선별하여 각 집락수를 계수하였다.

㉠ 확인시험

계수한 평판에서 5개 이상의 전형적인 집락을 선별하여 보통한천배지에 접종하고 35~37°C에서 18~24 시간 혐기배양한 후 그람염색을 실시하였다. 또 동시에 보통한천배지를 35~37°C에서 18~24시간 호기 배양하여 균의 비발육을 확인하였다. 그람양성간균으로 확인된 집락은 glucose, lactose, inositol, raffinose를 1% 가한 4종의 GAM 배지에 옮겨 35~37°C에서 3일간 배양 후 BTB-MR지시약을 가해서 붉은 색으로 변하는 것을 양성으로 판정하였다. 운동성은 GAM 배지에서 35~37°C에서 1~2일간 배양하여 운동성의 유무를 관찰하였다. Glucose, lactose, inositol과 raffinose를 분해하며 운동성이 없는 것을 확인하면 Lecithinase 억제시험을 실시하였다. 난황이 포함된 TSC한천배지에 접종하여 35~37°C에서 24시간 혐기배양한 후 2~4 mm의 불투명한 환을 가지는 황회색 집락을 양성으로 판정하였다.

㉡ 균수계산

확인 동정된 균수에 희석배수를 곱하여 계산하였다. 예로  $10^{-4}$ 에서 85개의 전형적인 집락이 계수되었고, 이 중 5개의 집락을 확인한 결과 4개의 집락이 *clostridium perfringens*로 동정되었을 경우  $85 \times (4/5) \times 10,000 = 680,000$ 으로 계산한다.

③ *Staphylococcus aureus*

㉠ 균수 측정

검체 25 g을 취한 후, 225 mL의 희석액을 가하여 2분간 고속으로 균질화 하여 시험용액으로 하여 10배 단계 희석액을 만든 다음 각 단계별 희석액을 Baird-Parker 한천배지 3장에 0.3 mL, 0.4 mL, 0.3 mL씩 총 접종액이 1 mL이 되게 도말하였다. 사용된 배지는 완전히 건조시켜 사용하고 접종액이 배지에 완전히 흡수되도록 도말한 후 10분간 실내에서 방치시킨 후 35~37°C에서 48±3시간 배양한 다음 투명한 띠로 둘러싸인 광택의 검정색 집락을 계수하였다.

㉡ 확인시험

계수한 평판에서 5개 이상의 전형적인 집락을 선별하여 보통한천배지에 접종하고 35~37°C에서 18~24시간 배양한 후 그람염색을 실시하여 포도상의 배열을 갖는 그람양성 구균을 확인한 후 coagulase 시험을 실시하며 24시간 이내에 응고유무를 판정하였다. Baird-Parker(RPF) 한천배지에서 전형적인 집락으로 확인된 것은 coagulase 시험을 생략할 수 있으며, Coagulase 양성으로 확인된 것은 생화학 시험을 실시하여 판정하였다.

㉢ 균수계산

확인 동정된 균수에 희석배수를 곱하여 계산하였다.

④ *Bacillus cereus*

㉠ 균수 측정

검체 25 g을 취한 후, 225 mL의 희석액을 가하여 2분간 고속으로 균질화 하여 시험용액으로 하였다. 희석액을 사용하여 10배 단계 희석액을 만들었다. MYP 한천평판배지에 단계별 희석용액 0.2 mL씩 5장을 도말하여 총 접종액이 1 mL이 되게 한 후 30°C에서 24±2시간 배양한

후 집락 주변에 lecithinase를 생성하는 혼탁한 환이 있는 분홍색 집락을 계수하였다.

#### ㉔ 확인시험

계수한 평판에서 5개 이상의 전형적인 집락을 선별하여 보통한천배지에 접종하고 30℃에서 18~24 배양한 후 배양 후 그람염색을 실시하여 포자를 갖는 그람양성 간균을 확인하고, 확인된 균은 nitrate 환원능, VP, β-hemolysis, tyrosine 분해능, 혐기배양시의 포도당 이용 등의 생화학시험을 실시하며, 추가로 24~48시간 배양하여 곤충독소단백질(Insecticidal crystal protein) 생성 확인시험<sup>1</sup>도 실시하였다.

<sup>1</sup>이 시험법은 Bacillus cereus와 Bacillus thuringiensis를 구분하는 시험법으로, 보통한천배지에 30℃, 24~48시간 배양한 후 직접 또는 염색하여 현미경 관찰결과(×1000배), 곤충독소단백질이 확인되면 Bacillus thuringiensis로 한다.

#### ㉕ 균수계산

확인 동정된 균수에 희석배수를 곱하여 계산하였다. 예로 10<sup>-1</sup> 희석용액을 0.2 mL씩 5장 도말 배양하여 5장의 집락을 합한 결과 100개의 전형적인 집락이 계수되었고 5개의 집락을 확인한 결과 3개의 집락이 Bacillus cereus 확인되었을 경우 100×(3/5)×10= 600으로 계산하였다.

### ⑤ *Listeria monocytogenes*

#### ㉖ 증균배양

우유, 유제품, 가공식품 및 수산물의 검체에 대해서는 증균배지로 Listeria 증균배지를 사용하며, 검체 25 g을 취하여 225 mL의 Listeria 증균배지를 가한 후 30℃에서 48시간 배양하였다. 식육 및 가공류의 검체는 1차 증균배지로 UVM-modified Listeria 증균배지를 사용하며, 검체 25 g을 취하여 UVM-modified Listeria 증균배지를 225 mL 가한 후 30℃에서 24±2시간 배양한 후, 배양액 0.1 mL를 취하여 Fraser Listeria 배지 10 mL에 접종하여 35~37℃에서 24±2시간 2차 증균을 실시하였다.

#### ㉗ 분리배양

증균 배양액을 멸균된 면봉을 이용하여 Oxford 한천배지 또는 LPM 한천배지(배지 39) 또는 PALCAM 한천배지에 접종하여 30℃에서 24~48시간 배양하였다. 의심집락이 확인되면 이를 0.6% yeast extract가 포함된 Tryptic soy 한천배지에 접종하여 30℃에서 24~48시간 배양하였다.

#### ㉘ 확인시험

그람염색 후 그람양성 간균이 확인되면 hemolysis, motility, catalase, CAMP test와 mannitol, rhamnose, xylose의 당분해 시험을 실시한다. 이 결과 β-hemolysis를 나타내고 catalase 양성, motility 양성을 나타내며 CAMP test결과 Staphylococcus aureus(ATCC 25923)에서 양성, Rhodococcus equi(ATCC 6939)에서 음성으로 나타나는 동시에 당분해시험 결과 mannitol 비분해, rhamnose 분해, xylose 비분해의 결과를 보일 경우 Listeria monocytogenes 양성으로 판정하였다.

### ⑥ *Escherichia coli*

본 시험법은 대장균 O157:H7과 대장균 O157:H7이 아닌 베로독소 생성 대장균(VTEC)을 모두 검출하는 시험법이다. 장출혈성대장균의 낮은 최소 감염량을 고려하여 검출 민감도 증가와 신속 검사를 위한 스크리닝 목적으로 증균 배양 후 배양액(1~2 mL)에서 베로독소 유전자 확인시험을 우선 실시하였다. 베로독소(VT1 그리고/또는 VT2) 유전자가 확인되지 않을 경우 불

검출로 판정할 수 있으나, 베로독소 유전자가 확인된 경우에는 반드시 순수 분리하여 분리된 균의 베로독소 유전자 보유 유무를 재확인하였다. 베로독소가 확인된 집락에 대하여 생화학적 검사를 통하여 대장균으로 동정된 경우 장출혈성대장균으로 판정하였다.

㉠ 증균배양

검체 25g을 취하여 225mL mTSB를 가한 후 35~37℃에서 24시간 증균배양하였다.

㉡ 분리배양

장출혈성대장균의 분리를 위해 TC-SMAC 배지와 BCIG 한천배지에 각각 접종하여 35~37℃에서 18~24시간 배양하였다.

㉢ 확인시험

TC-SMAC배지에서는 sorbitol을 분해하지 않은 무색집락을, BCIG 한천배지에서는 청록색 집락 각 5개 이상을 취하여 보통한천배지에 옮겨 35~37℃에서 18~24시간 배양하였다. 전형적인 집락이 5개 이하일 경우 취할 수 있는 모든 집락에 대하여 확인시험을 실시하였다. 배양 후 집락에 대하여 다음의 베로독소 유전자 PCR 확인 시험을 수행한 후 베로독소 양성 집락을 대상으로 그람음성간균을 확인하고 생화학적시험을 실시하여 대장균으로 확인된 경우 장출혈성대장균으로 판정하였다.

㉣ 베로독소 유전자 확인실험

베로독소 유전자는 다음의 PCR법에 따라 실시하였다.

① 주형유전자 준비

전형적인 집락을 취하여 멸균증류수 200μL에 현탁 한 후, 10분간 끓여 원심분리하고, 上澄液(상징액) 5μL를 취하여 시료로 사용하였다.

② PCR 프라이머 염기서열

표 13. PCR 프라이머 염기서열

유전자	염기서열(5'→3')	결과확인
VT1	(F) CTG GAT TTA ATG TCG CAT AGT G (R) AGA ACG CCC ACT GAG ATC ATC	150bp
VT2	(F) ATC CTA TTC CCG GGA GTT TAC G (R) GCG TAT CGT ATA CAC AGG AGG	584bp

③ PCR 반응액 제조

표 14. PCR 반응액 제조

성분	최종농도	Stock용액 농도	1회 용량
완충액	1×	10×	5μL
MgCl <sub>2</sub>	2.5mM	25mM	5μL
dNTPs	200uM	2.5mM	4μL
VT1 프라이머(F)	20 pmol/tube	20 pmol/μL	1μL
VT1 프라이머(R)	20 pmol/tube	20 pmol/μL	1μL
VT1 프라이머(F)	20 pmol/tube	20 pmol/μL	1μL
VT1 프라이머(R)	20 pmol/tube	20 pmol/μL	1μL
주형 DNA	25~50ng 또는 5μL	-	5μL
Taq	2.5U/tube	5U/μL	0.5μL

증류수	-	-	26.5μL
총량	-	-	50μL

#### ④ PCR 반응조건

표 15. PCR 반응조건

구분	온도	시간	반응횟수
초기변성	95℃	5분	1회
변성(denaturation)	95℃	30초	35회
결합(annealing)	50℃	40초	
신장(extension)	72℃	1분	
최종신장(elongation)	72℃	10분	1회
보존(store)	4℃	-	-

#### ⑤ 결과 확인

최종산물의 반응액 5μL를 취하여 2.0% agarose로 100V에서 25분간 전기영동하고 EtBr(1μg/mL)로 염색한후 UV를 이용하여 반응생성물을 확인하였다. 이때, DNA 크기를 알 수 있도록 100bp Ladder를 동시에 전기영동 하였다. VT1 유전자는 150bp, VT2 유전자는 584bp에서 반응생성물을 확인할 수 있었다. VT1 또는 VT2 유전자가 확인된 것은 장출혈성대장균이 검출된 것으로 판정하였다.

장출혈성대장균 중 대장균 O157:H7의 확정이 필요할 경우 분리배양 시 TC-SMAC(배지66) 배지를 사용하여 sorbitol을 분해하지 않는 무색집락에 대하여 최종적으로 베로독소 보유 및 대장균 동정 확인하였다. 양성균주에 대하여 O157과 H7 혈청형의 결정은 제조사가 제시하는 방법에 따라 시험하였다. 최종적으로 베로독소 유전자(VT1 또는/그리고 VT2) 양성, O157 및 H7 혈청 확인, 대장균으로 확인되었을 때 O157:H7으로 판정하였다.

#### ⑥ *Yersinia enterocolitica*

##### ㉠ 증균배양

검체 25 g을 취하여 225 mL의 PSBB 배지에 가한 후 10℃에서 10일간 배양하였다.

##### ㉡ 분리배양

증균배양액 0.1 mL를 0.5% KOH가 함유된 0.5% 식염수 1 mL에 가하여 수 초간 섞었다. 이 용액을 MacConkey 한천배지와 CIN 한천배지에 각각 접종하여 30℃에서 24±2시간 배양하였다.

##### ㉢ 확인시험

MacConkey 한천배지에서 유당을 비분해하는 집락이나 CIN 한천배지에서 중심부가 짙은 적색을 보이는 집락을 골라 각각 TSI 사면배지의 사면과 고층부에 접종하여, 35~37℃에서 18~24 시간 배양 후 고층부와 사면이 노랑고 가스과 황화수소가 발생하지 않은 균주를 선택하여 25℃, 37℃에서 운동성 시험 및 urea, citrate시험 등을 하였다. 이 때 *Yersinia enterocolitica*는 37℃에서는 운동성을 나타내지 않고 25℃에서 운동성을 가지는 특성이 있었다. 또한 urea시험 양성, citrate시험 음성이며 그람음성 간균일 때 양성으로 판정하였다.

(3) 절임배추의 관능적 특성(안)

이동식 자동화장비로 제조한 절임배추의 관능적 특성은 평점이 3.8이고 3.0미만인 항목이 없어서 절임배추의 품질규격(안)에 적합하였다.

나. 자동화장비로 생산한 절임배추로 제조한 김치의 품질평가

이동식 자동화장비로 2014년 4월 4차 시운전에서 생산한 절임배추로 제조한 김치의 품질을 평가하였다. 평가는 이동식 배추절임 자동화 장비로 생산한 절임배추에 아람찬 배추김치의 양념을 혼합한 김치와 시중 유통 절임배추에 아람찬 배추김치 양념을 혼합하여 제조한 김치를 7 점척도법으로 강도와 선호도를 평가하였다. 관능평가 점수와 강도 및 선호도의 관계는 표와 같다.

표 16. 관능평가 점수와 강도 및 선호도의 관계

점수	1	2	3	4	5	6	7
강도	매우 약하다	약하다	약간 약하다	보통이다	약간 세다	세다	매우 세다
선호도	매우 나쁘다	나쁘다	약간 나쁘다	보통이다	약간 좋다	좋다	매우 좋다

(1) 이동식 배추절임 자동화 장비로 생산한 절임배추로 제조한 김치의 관능평가

이동식 배추절임 자동화 장비로 생산한 절임배추로 제조한 김치의 관능평가 결과는 표 17과 같고 대조구인 시중 유통 절임배추로 제조한 김치의 품질은 표 18과 같다. 두 표를 비교하여 보면 강도에서 색상, 양념물은정도, 짠맛, 쓴맛, 젓갈맛 및 아삭한 정도는 이동식 배추절임 자동화 장비로 생산한 절임배추로 제조한 김치가 더 강했고, 군덕내, 신맛, 매운맛, 군덕내 및 절임정도는 시중 유통 절임배추로 제조한 김치가 더 강했다 선호도는 색상, 조직감 및 종합적인 맛이 이동식 배추절임 자동화 장비로 생산한 절임배추로 제조한 김치가 각각 5.5, 5.1 및 5.1로 시중 유통 절임배추로 제조한 김치의 4.0, 4.0 및 4.2에 비해서 모두 더 높아서 이동식 배추절임 자동화 장비로 생산한 절임배추로 제조한 김치의 품질이 더 우수하였다.

표 17. 이동식 배추절임 자동화 장비로 생산한 절임배추로 제조한 김치의 관능평가

점수	외관		냄새		맛						조직감		선호도 평가		
	색깔	양념물은정도	젓갈내	군덕내	짠맛	쓴맛	젓갈맛	신맛	매운맛	군덕내	절임정도	아삭한정도	색	조직감	종합적인맛
1	0	0	1	1	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	2	1	1	2	1	1	3	1	2	0	0	0
3	0	0	4	2	1	2	3	2	4	1	3	0	1	2	2
4	5	6	8	7	6	5	6	6	7	9	7	4	1	3	2



5	3	5	2	3	6	2	4	1	3	1	3	3	5	3	5
6	7	2	0	0	1	2	0	3	0	1	1	6	5	6	5
7	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	1	1
총점	77	75	55	54	65	53	57	63	57	56	60	71	83	76	76
평균	5.1	5.0	3.7	3.6	4.3	3.5	3.8	4.2	3.8	3.7	4.0	4.7	5.5	5.1	5.1
최소	4	4	1	1	2	1	2	1	2	2	2	2	3	3	3
최대	6	7	5	5	6	6	5	7	5	6	6	6	7	7	7

표 18. 시중 유통 절임배추로 제조한 김치의 관능평가

점수	외관		냄새		맛						조직감		선호도 평가		
	색깔	양념물은은정도	젓갈내	군덕내	짠맛	쓴맛	젓갈맛	신맛	매운맛	군덕맛	절임정도	아삭한정도	색	조직감	종합적인맛
1	0	0	0	1	1	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0
2	0	0	4	2	0	3	5	2	0	1	0	1	0	1	0
3	5	4	1	2	2	4	2	0	6	1	1	3	6	4	3
4	6	6	5	4	6	3	6	4	5	6	7	7	4	6	7
5	3	5	5	5	5	0	2	3	4	2	4	1	4	2	4
6	1	0	0	1	1	2	0	6	0	5	3	2	1	2	1
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
총점	60	61	56	58	62	45	50	71	58	69	69	57	60	60	63
평균	4.0	4.1	3.7	3.9	4.1	3.0	3.3	4.7	3.9	4.6	4.6	3.8	4.0	4.0	4.2
최소	3	3	2	1	1	1	2	2	3	2	3	1	3	2	3
최대	6	5	5	6	6	6	5	6	5	6	5	5	5	5	5

(2) 분쇄한 양념으로 제조한 김치의 품질평가

양념소냉기 자동화 장비를 개발하기 위하여 양념을 분쇄하여 김치를 제조하고 통상의 양념으로 제조한 김치를 대조구로 하려 품질을 평가하였다. 양념은 아람찬김치 양념을 양념소냉기 자동화 장비에 적합하도록 분쇄하여 이동식 배추절임 자동화 장비로 생산한 절임배추에 소냉기하여 시험함으로써 양념소냉기 장비의 개발 시 양념의 개선방안을 연구하였다.

강도는 색상, 양념 묻은 정도 및 아삭한 정도는 분쇄한 양념으로 제조한 김치에서 더 강했고, 젓갈내, 군덕내, 젓갈맛, 신맛, 매운맛, 군덕맛 및 절임정도는 통상의 양념으로 제조한 김치에서 더 강했다. 선호도는 색상, 조직감 및 종합적인 맛이 분쇄한 양념으로 제조한 김치에서 각각 2.9, 4.1 및 3.5로 통상의 양념으로 제조한 김치의 5.5, 5.1 및 5.1에 비해서 모두 더 낮았다. 특히 분쇄한 양념은 분쇄 시 색상이 검붉게 변하였고 이것이 김치의 색상 선호도에 나쁜 영향을 주었으므로 분쇄양념 제조 시에는 무채를 빼고 분쇄하는 등 색상을 유지하는 기술의 개발이 필요하다.

표 19. 분쇄한 양념으로 제조한 김치의 품질평가

점수	외관		냄새		맛						조직감		선호도 평가		
	색깔	양념분은정도	젓갈내	군덕내	짬맛	쓴맛	젓갈맛	신맛	매운맛	군덕맛	절임정도	아삭한정도	색	조직감	종합적인맛
1	1	0	0	1	1	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0
2	4	2	1	2	0	2	2	1	0	3	0	0	7	1	3
3	1	1	1	0	3	3	1	2	1	2	3	4	3	3	6
4	3	1	6	6	5	4	5	4	5	2	4	5	5	6	3
5	4	4	6	3	3	3	1	5	5	4	3	1	0	3	2
6	2	6	1	3	2	1	6	3	4	4	3	4	0	2	1
7	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
총점	56	74	65	62	64	52	68	67	72	64	66	62	43	62	52
평균	3.7	4.9	4.3	4.1	4.3	3.5	4.5	4.5	4.8	4.3	4.4	4.1	2.9	4.1	3.5
최소	1	2	2	1	1	1	2	2	3	2	1	1	2	2	2
최대	6	7	6	6	7	6	6	6	6	6	7	6	4	6	6

#### 4. HACCP 기준 적용 가능한 위생·품질관리 표준처리절차 개발

##### 가. 절임배추의 위생·품질관리 표준처리절차 개발 및 현장적용

###### (1) 트레일러의 이동 메뉴얼

###### (가) 트레일러 이동준비

절임작업이 완료되면 다음 장소로 이동하기 위하여 설비청소, 해체 및 작업장 정리정돈을 실시한다.

- ① 사용한 염수는 회수조로 이송하고, 절임조 바닥에 남아 있는 모래와 흙 등 이물질은 드레인 밸브를 열어 트레일러 외부로 배출한다.
- ② 전기는 적산전력계 전원을 차단하고 전원코드를 분리한다.
- ③ 용수는 밸브를 잠그고 배관을 분리한다.
- ④ 배추호퍼를 접어 세우고 차양을 접는다. 호퍼에 남아있는 배춧잎과 흙을 제거한다.
- ⑤ 외장천막 지지봉을 중앙으로 밀어 넣는다. 지붕천막에 고여 있는 물을 제거하고 밀어 넣어 천막의 손상을 방지한다.
- ⑥ 발판을 접고 외장천막을 끈으로 고정시킨다. 천막 측면과 앞면을 단단히 묶어서 이동 시 이물질(벌레, 먼지 등)이 들어오지 않도록 한다.
- ⑦ 사용한 부지는 정리정돈하고 깨끗하게 청소하여 원상으로 회복시킨다.

###### (나) 트레일러 이동

절임작업이 완료되면 다음 장소로 이동하게 되는데 이동 시 트레일러가 분리되거나 하는 만

일의 사태에 대비하기 위하여 트레일러가 운전자가 먼저 출발하고, 이어서 작업자 차량이 뒤를 따른다.

- ① 트랙터를 트레일러에 결합한다. 모든 작업은 트랙터 기사의 지시에 따라 신중하고 안전하게 움직인다.
- ② 트레일러가 출발하면 작업자 차량은 뒤에 따라가면서 끈이 풀어지거나 부속물이 떨어지는지 관찰한다.

#### (다) 트레일러 설치

트레일러 설치장소는 사전에 답사하여 포장된 부지를 선정하고, 포장된 부지가 없을 시는 물 빠짐이 좋고 지내력이 양호한 부지를 선정하여 바닥에 천막을 깔아 작업 중 토사 등에 의한 오염을 예방할 수 있는 조치를 취한다.

- ① 포장된 부지에 트레일러를 정치하고 수평을 맞춘다.
- ② 전기(3상)와 용수를 연결한다. 용수의 수질을 미리 조사하여 안전한지 확인한다.
- ③ 발판을 설치하고 외장천막 지지봉을 뽑아내어 천막을 고정시킨다. 발판을 물로 청소한다.
- ④ 새로운 작업을 위하여 절입설비 라인을 청소하고 소독한다.
- ⑤ 염수의 양과 염도 등 품질을 평가한 후 염수를 재처리하고 보충하여 염수를 가열한다.

### (2) 배추 연속 자동절입 매뉴얼

#### (가) 배추 다듬기

다듬기 공정은 배추 자동절입장비의 절입배추 제조공정에서 중요관리점(CCP1)으로 판단되어 이물제거와 병반부위 제거를 철저하게 해야 한다. 특히 배추는 토양에서 재배, 수확되어 단순포장을 하기 때문에 흙이나 이물 등이 부착되어 있거나, 운송 중 충돌 등에 의한 짓무름 등이 발생되므로 정선 공정을 통해 불가식 부위를 제거하고 포장재 및 외피 탈피를 실시한다. 그리고 온도기준이 이탈된 상태로 운송되거나 실온에서 오랫동안 방치할 경우 품온 상승으로 인해 세균이 증식될 수 있으므로 이에 대한 관리가 필요하다.

- ① 산지 정선 : 배추밭에서 직접 정선작업을 하는 경우
  - ㉠ 배추상자가 흙에 닿지 않도록 거치대를 설치하고 상자를 올려놓는다.
  - ㉡ 칼이 흙에 닿지 않도록 밑등을 절단하고 겉잎을 제거하고 5포기씩 상자에 담는다.
  - ㉢ 정선된 배추는 이동식 절입장치로 이송한다.
- ② 저장 배추 정선 : 냉장창고에 보관 중인 배추를 정선하는 경우
  - ㉠ 3포기씩 망에 포장된 배추를 이동식 절입장치로 운반한다.
  - ㉡ 운반된 배추는 쏟아서 겉잎과 뿌리를 제거한다.
  - ㉢ 저장 중 발생한 병반부위를 철저하게 제거하여 2차 오염을 방지한다.

#### (나) 배추 쪼개기

- ① 정선된 배추는 밑동이 전방으로 향하게 하여 중심축에 정확히 맞추어 절단기용 컨베이어에 적재한다.
- ② 작업효율을 기하기 위하여 배추는 연속으로 투입한다.

(다) 절임조에 배추 투입하기

2절된 배추는 컨베어를 타고 이송되는데 유도장치에 의해 절임조 A, B, C 및 D로 투입될 수 있도록 고안되어 있다. 또한 유도장치는 각 탱크별로 후반부, 중앙 및 전반부로 이동시킬 수 있도록 고안되어 있어 투입부위를 조절할 수 있다. 본 공정에서는 염수 충전, 유도장치를 활용한 이절배추 투입, 절임조 덮개 조작 순으로 이어진다.

- ① 절임조에 염수를 반쯤 채운다. 염수의 품질은 오감으로 판단하고 이상이 있을 시 이동식 염도계와 온도계를 이용하여 check한다.
- ② 배추유도장치를 절임조의 후단에 맞추고 이절 배추를 절임조에 투입한다. 낙하 시 충격으로 배추가 손상되지 않도록 염수의 수위조절을 적절히 한다.
- ③ 후반부에 이절배추가 높이 쌓이면 유도장치를 절임조의 중앙과 전반부로 이동시키며 가득 쌓는다.
- ④ 배추가 절임조 밖으로 떨어지지 않도록 유도장치에서 투입된 배추를 절임조 안에 고르게 펼친다.
- ⑤ 절임조 덮개를 덮고 잠근다. 배추가 절임조 덮개 사이로 빠져나오지 않도록 방향을 조절한다.
- ⑥ 나머지 절임조에도 위의 순서대로 순차적으로 배추를 쌓는다. 염수순환 속도에 맞추어 투입속도를 조절한다.

(라) 배추 절이기

절임공정은 염수의 농도와 온도가 중요하다. 배추투입공정에서 고농도의 염수는 배추가 흡수하여 농도 및 온도가 낮아지게 된다. 이를 일정하게 유지하기 위하여 투입공정 중 묽은 염수를 회수하고, 재처리한 염수를 주입하는 것을 반복한다.

- ① 가열한 고농도염수를 절임조에 주입한다. 염수가 넘치지 않도록 마지막 단계에서 일시 정지했다가 기포가 빠지면서 염수가 배춧잎 사이로 채워져 수위가 낮아지면 다시 주입하여 상부 배추가 잠기도록 가득 채운다.(덮개와 배추사이에 누름판을 얹으면 더 효과적임)
- ② 염수를 20분간 채운 다음 묽어지고 식은 염수를 회수조로 배출한다. 염수의 배출을 육안과 소리로 판단한다.
- ③ 데워진 고농도 염수를 절임조에 다시 채운다. 주입구 쪽은 거품이 발생되므로 반대쪽의 수위를 관찰한다. [1차]
- ④ 염수를 50분간 채운 다음 묽어지고 식은 염수를 회수조로 배출한다. 염수의 배출을 육안과 소리로 판단한다.
- ⑤ 데워진 고농도 염수를 절임조에 다시 채운다. 주입구 쪽은 거품이 발생되므로 반대쪽의 수위를 관찰한다. [2차]
- ⑥ 염수를 50분간 채운 다음 묽어지고 식은 염수를 회수조로 배출한다. 염수의 배출을 육안과 소리로 판단한다.
- ⑦ 데워진 고농도 염수를 절임조에 다시 채운다. 주입구 쪽은 거품이 발생되므로 반대쪽의 수위를 관찰한다. [3차]
- ⑧ 염수를 50분간 채운 다음 묽어지고 식은 염수를 회수조로 배출한다. 염수의 배출을 육안과 소리로 판단한다.

- ⑨ 데워진 고농도 재처리 염수를 절임조에 다시 채워서 30분간 유지한다. 주입구 쪽은 거품이 발생되므로 반대쪽의 수위를 관찰한다. [최종]

(마) 절임배추 꺼내기

절임농도가 품질기준에 적합할 경우 절임배추를 꺼내어 세척을 준비한다.

- ① 절임배추 이송컨베이어를 세척조에 연결 설치한다(세척조를 세척트레일러에 탑재한 경우). [세척 트레일러로 이동 시 발판에서 미끄러지지 않도록 한다.]
- ② 절임배추를 담은 대형용기를 바닥에 설치하고 절임배추 이송 컨베이어 끝에 위치시킨다. 바닥을 청결하게 하고 용기의 위치를 약간 안쪽으로 위치시킨다.
- ③ 절임조의 덮개를 열고 배추 컨베이어와 이송컨베이어를 작동시킨다. [덮개 개폐 시 손가락이 끼이지 않도록 한다.]
- ④ 영긴 절임배추를 청결한 대막대기 등을 이용하여 흔들어 풀어준다.
- ⑤ 절임배추 밀기장치를 작동시켜 절임배추를 전단부로 민다. 배출속도에 맞추어 미는 속도를 조절한다.
- ⑥ 절임배추를 모두 배출시키고 염수를 반쯤 배출한 다음 이절 배추를 다시 쌓는다. 염수의 품질은 오감으로 판단하고 이상이 있을 시 이동식 염도계와 온도계를 이용하여 측정한다.

(바) 절임배추 운송

품질기준에 적합한 절임배추는 이송용 플라스틱 용기에 주입하고 이송차량에 적재한 후 세척설비가 구비된 김치공장으로 이송한다.

- ① 절임배추는 대형 플라스틱 용기에 1 ton씩 주입한다.
- ② 대형용기에 담아진 절임배추는 지게차를 이용하여 냉장탑차에 적재하고 김치공장으로 운송한다.
- ③ 지게차를 이용하여 하역한 후 세척준비실로 운반한다.

(사) 절임배추 세척 : 연속공정 가동시 -

- ① 세척트레일러로 이송된 절임배추는 세척, 정선, 탈수, 냉각 및 포장하여 출하한다. 본 연구에서는 세척트레일러는 미비하므로 앞으로 설계 제작 시 충분한 검토가 요망된다.

(3) 염수재처리 매뉴얼

(가) 염수제조

- ① 염수제조장치에 수도수 또는 지하수를 채우고 소금을 부으며 폭기시켜 포화농도로 녹인다. [소금포대 개봉 시 이물이 발생되어 염수에 혼입되지 않도록 포대를 조심스럽게 개봉한다.]
- ② 용해된 염수는 회수조로 모아 30℃로 가열한다. 염수의 염도가 포화에 도달했는지 점검한다.[이동식 염도계를 사용하여 염도를 측정한다.]
- ③ 회수조에 모아진 가열염수를 절임조로 순환하여 배추를 절인다.

(나) 염수이송 및 1차 여과

- ① 묽어지고 오염된 염수를 회수조에서 펌핑하여 바스켓필터로 이송한다. 염수 흡입밸브가 막히지 않도록 관 끝에 거름망을 설치하고, 바스켓필터는 주기적으로 세척한다.
- ② 바스켓필터에서 입자성 불순물을 제거한 염수를 탈색 및 탈취공정으로 이송한다.

(다) 염수 2차 및 3차 여과

- ① 1차 여과된 염수를 활성탄 여과망을 통하여 2차 여과로 탈색, 탈취 및 잔류염소를 제거한다. [활성탄은 여과액에 염소 잔류염소 잔존유무를 확인하여 주기적으로 교체한다.]
- ② 2차 여과된 염수는 3차 미세여과하여 부유 활성탄을 제거하고 재처리염수 저장조에 저장한다. 여과압이 증가하면 여과 필터를 교체한다. [2 bar를 넘길 시 필터 교체]

(라) 염수살균

- ① 3차 여과된 염수는 전기화학반응조에 이송하면서 전류를 공급하여 염소를 발생시킨다. [염수의 유입속도와 전류량의 비율이 맞도록 유입밸브와 전류를 조절하여 염소발생]
- ② 염소농도가 10~20 mg/L가 되도록 전류량을 자동조절하여 살균한다. [염수의 흐름이 일정해지면 전류량이 자동조절 되도록 설정]

(마) 염수공급

- ① 저장된 재처리염수를 배추절임조의 최종 염수교환용(4번째 순환)으로 공급한다. 저장조A에 저장된 재처리 염수(3톤)를 배추절임조로 공급하고 다시 재처리 염수를 모은다.
- ② 절임조에서 회수조로 회수된 염수를 펌핑하여 시간당 2톤 규모로 연속 재처리한다. 재처리한 염수의 품질을 평가하여 계속 사용 여부를 판단한다.
- ③ 재처리염수의 품질기준
  - ㉠ 염도 : 24 % 이상
  - ㉡ pH : 5.4~7.0 ± 0.15
  - ㉢ SS(입자성 고형물) : 5 mg/L 이하
  - ㉣ 유기산 : 2.0 g/L 이하( as total acidity 0.2% 이하)

나. 양념소넣기 장비의 위생·품질관리 표준처리절차 개발

(1) 배추김치 제조 방법

배추김치는 절임배추 제조, 양념준비 및 속넣기 단계로 제조되며 배합비는 기호에 따라 결정된다. 배추김치 제조 배합비 예시는 다음과 같다.

표 20. 배추김치 제조 배합비 (예)

번호	재료명	비율(%)	미생물 제어 방법
1	절임배추	75	염소소독 후 세척
2	무	5	염소소독 후 세척
3	고춧가루	5	미생물 검사 후 선별
4	마늘	4.5	염소소독 후 세척
5	멸치액젓	4	가열처리
6	참쌀풀	2.5	가열처리
7	설탕	2	
8	새우젓	1	
9	양파	0.5	염소소독 후 세척
10	생강	0.5	염소소독 후 세척

(2) 배추김치 제조공정별 대장균군 저감화 방안

(가) 절임배추 제조

절임배추 제조공정은 원료입고 → 정선 → 절단(2분할) → 절임 → 세척 → 탈수 순으로 진행된다. 본 작업은 이동식 절임장치에서 생산된 절임배추를 이용하므로 세척 및 탈수가 주요 공정이다. 세척공정에서는 손상된 배춧잎 제거 및 절임배추 세균감량화가 주목적이다.

- ① 절임 후 세척 1단계 세척수는 차아염소산수를 첨가하여 배추를 세척하고 세척 중 50ppm 농도를 유지하도록 한다. 시중에 판매되는 4% 차아염소산수를 800배 희석하여 50ppm으로 제조한다.
- ② 이후 흐르는 물로 2, 3 단계 세척하여 차아염소산수를 제거하고 2시간 이상 탈수시킨다. 세척수는 2시간 이내에 교환하여야 하며 2시간 이상 사용하면 세척수는 10배 이상 대장균군에 오염된다.

(나) 김치 속 제조

김치 속 제조에 사용되는 부재료의 세척 및 소독정도는 김치속의 오염도를 결정하는 중요한 요인이다.

- ① 부재료 준비
  - ㉠ 고춧가루 : 김치용 고춧가루를 준비한다.
  - ㉡ 무 : 흙 등 이물질이 없게 물로 잘 세척하고, 분쇄하여 준비한다.
  - ㉢ 마늘/양파 : 껍질을 벗긴 다음 준비한다.
  - ㉣ 생강 : 솔을 사용하여 흙 등 이물질이 없게 물로 세척하여 준비한다.
  - ㉤ 젓갈, 설탕 : 멸치액젓, 새우젓 및 설탕을 준비한다.
  - ㉥ 참쌀풀 : 참쌀가루 중량의 10배의 물을 넣고 센 불에서 저어가며 참쌀가루가 다 풀어질 때까지 끓이며, 걸쭉한 상태가 되면 가열을 멈추고 방냉한다.
- ② 부재료 소독 및 세척
  - ㉦ 무, 마늘, 양파 및 생강 등은 차아염소산수 100ppm에 침지하여 2분 이상 소독한다. 시중에 판매되는 4% 차아염소산수(락스)를 400배 희석하여 100ppm으로 제조한다.
  - ㉧ 소독 후 흐르는 물로 2회 이상 세척하고 물기를 제거한다. 차아염소산수 세척은 상수

도 세척 보다 대장균균을 10배 이상 감소시키는 역할을 한다.

③ 부재료 분쇄

- ㉠ 오염도가 낮은 것부터 높은 순으로 마늘, 양파, 생강 등의 순서로 부재료를 각각 분쇄하여 각각 보관한다.
- ㉡ 분쇄기는 부재료 잔류물에 의한 오염이 높아 사용 후 틈새를 잘 세척하고 반드시 차아염소산수 200ppm 등으로 소독한 후, 70% 주정을 분사하여 2차오염을 예방한다.
- ㉢ 부재료를 아무리 세척을 잘해도 분쇄기가 오염되면 교차오염으로 인해 대장균균의 증식이 이루어진다.

④ 부재료 혼합 및 숙성

- ㉠ 사용되는 마늘의 1/2 분량과 생강 전체를 혼합하여 24시간 숙성한다. 부재료 중 생강에 대장균균(500,000 ~ 1,000,000 cfu/g)이 가장 많이 오염되어 있기 때문에 별도로 항균효과가 마늘과 혼합하여 생강의 대장균균을 저감화 시킨다. 배합방법을 예시하면 전체 배합비율에서 마늘이 10 kg 첨가되고 생강이 1 kg 첨가되는 경우라면 마늘 5 kg에 생강 1 kg을 혼합하고 24시간 숙성시킨다. 마늘의 함량이 많고 숙성시간이 길수록 항균 효과가 좋다.
- ㉡ 배합비율 중 첨가되는 나머지 마늘 1/2 분량과 생강을 제외한 부재료를 혼합하여 24시간 숙성한다. 배합방법을 예시하면 전체 배합비율에서 마늘이 1 kg 첨가되고 생강을 제외한 부재료가 15 kg 첨가되는 경우라면 마늘 0.5 kg에 생강을 제외한 부재료 15 kg을 혼합하고 24시간 숙성시킨다. 마늘의 함량이 많고 숙성시간이 길수록 항균 효과가 좋다.

⑤ 고춧가루의 품질관리

고춧가루는 절임배추 다음으로 배추김치의 품질에 영향을 미치는 중요한 재료로, 농협식품안전연구원에서 2013년도 1년간 분석한 결과를 정리하여 품질관리 표준(안)을 설정하는 기초자료로 삼고자 하였다. 법적으로 규격기준이 없는 항목은 평균값을 참고하고 특히 김치의 품질에 영향을 미치는 세균수를 저감화하기 위해서는 절임배추의 관리도 중요하지만 고춧가루의 품질이 중요하므로 고춧가루를 외부로부터 구입 시는 미생물 성적서를 참고하여 미생물검사 수치가 낮은 것을 구매하는 요령을 습득하여야겠다.

표 21. 고춧가루의 영양성분 분석결과

분석항목	규격	분석결과
당류(%)		0.26~1.77(평균1.27)
수분(%)	15.0 이하	7.6~15.0(평균 12.4)
열량(kcal)		298.5~324.8(평균 306.78)
조단백질(%)		13.67~14.34(평균 14.03)
조지방(%)		7.10~9.07(평균 8.11)
트랜스지방산(%)		불검출
포화지방산(%)		0.5~0.8(평균 0.66)
회분(%)	7.0 이하	4.9~6.9(평균 6.0)



표 22. 고춧가루의 미생물 분석결과

분석항목		규격	분석결과
일반 미생물	곰팡이(하위드계수법)	20 % 이하	0
	기생충(란)		불검출
	세균수(cfu/g)	-	88,500~5,100,000(평균 95,000)
	효모/곰팡이(cfu/g)	-	300 이하
	대장균군	-	음성
병원성 미생물	대장균	-	음성
	대장균 O157-H7	-	음성
	리스테리아	-	음성
	바실러스 세레우스	g당 1,000 이하	음성
	살모넬라	-	음성
	클로스트리디움 퍼프리젠스	g당 100이하	음성
	황색포도상구균	-	음성

표 23. 고춧가루의 이화학 성분 분석결과

분석항목	규격	분석결과
산불용성회분(%)	0.5 이하	0.24~0.49(평균 0.39)
아스타칼라	-	61.64~119.76(평균 90.0)
캡사이신(mg/kg)	-	107.6~1,545.5(평균 364.3)
금속성이물	10 mg/kg 미만, 2.0 mm 이상 불검출	불검출
위화물	불검출	불검출
이물	-	불검출
타르색소	불검출	불검출

표 24. 고춧가루의 안전성 분석결과

분석항목	규격	분석결과
납(mg/kg)	0.2 이하	0~0.26(평균 0.09)
카드뮴(mg/kg)	0.1 이하	0~0.13(평균 0.04)
총아플라톡신4종(μg/kg)	15 이하 (단, B1은 10이하)	0~0.7(평균 0.02)
오크라톡신A(μg/kg)	7.0 이하	불검출
잔류농약다성분(mg/kg)	118성분 기준 이내	불검출

⑥ 김치 속 제조 및 숙성

생강과 마늘 혼합 재료, 생강을 제외한 부재료와 마늘 혼합 재료를 혼합하여 김치 속을 제조하고 24~48시간 숙성한다. [숙성시간이 길수록 대장균군 저감화 효과가 좋다.]

(다) 김치 속(숙성 양념)넣기 및 포장

속 넣기 및 포장공정은 이물검사 → 속 넣기 → 포장 → 이물검사 → 숙성 순으로 진행된다.

- ① 속 넣기 전 육안으로 이물검사를 실시한다.
- ② 절임배추에 숙성 양념을 분사하여 배추김치를 제조하고, 포장한 후 금속검출기를 통과시켜 금속이물 유무를 검사한다.
- ③ 이화학 및 미생물 검사가 완료될 때까지 숙성실에 저장한다.

다. 배추김치 제조에 따른 위생·품질관리 표준처리절차

김치제조공정의 자동화를 연구하는데 필요한 위생·품질관리 표준처리절차를 배추김치를 기준으로 정리하여 차후 추가연구에 활용하도록 하였다.

(1) 김치 제조 공정

일반적인 김치제조 공정과 다음과 같고 세척과 금속검출을 중요관리점으로 선정하였다. 그리고 이동식 절임장치로 제조한 절임배추를 김치공장에서 그림 18~그림 21과 같이 세척 시험하였다.

입고/보관 → 정선 → 이절 → 염수제조 → 절임 → 선별 → 세척(CCP1) → 탈수 → 이물선별 → 풀제조 → 절단/계량 → 속넣기 → 계량/내포장 → 금속검출(CCP2) → 외포장 → 숙성 → 보관/출하 공정으로 진행된다.



● 김치공장으로 이송된 절임배추는 세척공정부터 시작한다.

그림 20. 이동식 절임장치에서 제조한 절임배추



- 절임배추가 세척탱크에서 세척 중에 있다

그림 21. 절임배추의 세척과정



- 절임배추의 세척이 완료되면 탈수공정을 진행한다.

그림 22. 세척배추의 탈수과정



- 세척 및 탈수가 완료된 절임배추는 SUS 통에 수집한다.

그림 23. 세척 및 탈수된 절임배추

## (2) 절임배추 세척과정(CCP1) 관리지침

### (가) 한계기준 설정

절임배추 자동세척 공정의 한계기준은 다음과 같다.

- ① 절임배추를 1분당 30포기 이하로 처리 한다.
- ② 세척시간은 2분 이상 한다.
- ③ 세척수량은 40L 이상을 사용하여야 한다.

(나) 위해요소 분석

절임배추에서 발생할 수 있는 위해요소 분석 결과와 위해요소를 효율적으로 관리하기 위한 방법은 다음과 같다.

- ① 생물학적 위해요소는 황색포도상구균, 살모넬라, 병원성대장균 등 식중독균 등이고 세척공정으로 제어가 가능하지만 식중독균은 세척공정 이후에 오염의 제어가 어려우므로 개인위생관리 및 작업장, 제조 도구 등에 대한 세척, 소독관리를 철저히 한다.
- ② 화학적 위해요소는 잔류농약, 유해 무기물 등이고 잔류농약, 중금속 등은 원료 입고 시험성적서 등으로 적합성 여부를 판단한다.
- ③ 물리학적 위해요소는 쇧조각, 나뭇잎, 지푸라기, 비닐, 노끈 등 이물 등이고 금속은 금속검출기를 통해서, 기타 이물은 세척공정으로 제거한다.

(다) 위해요소 예방 및 제거방법

위해요소에 대한 예방 및 제거 방법은 다음과 같다.

표 25. 원·부재료의 위해요소 및 예방 제거 방법>

위해요소	예방·제거 방법
규격에 적합하지 아니한 원·부재료 사용	시험성적서를 받거나 검수자가 제품관능 확인
부적절한 포장재 사용	포장재 재질 확인 및 시험성적서 입수,관리
농산물(원·부재료) 자체의 병원성미생물 오염	세척공정으로 제거 가능, 농산물 저온 보관

표 26. 공정 및 종업원

위해요인	예방, 제거 방법
포장재 개봉 시 비닐, 플라스틱, 금속캔 조각 함유 가능성	종업원의 주의, 금속검출공정으로 관리
종업원의 손세척 불충분, 기구·설비의 세척, 소독이 불충분 할 경우에 교차오염	개인위생관리, 세척소독 관리
종업원의 위생복 착용불량	작업장 입실 전 복장상태 확인 , 위생관리점검, 종업원 위생교육
제조공정에서 나사, 너트 등의 제품 혼입	매일 작업 전 제조설비 및 도구의 파손상태 확인. 금속검출공정으로 관리

(라) 위해요소 관리 매뉴얼

- ① 절임 단계를 마치면 배추를 꺼내서 자동 세척기에 투입하여 원물투입량 분당 30포기 이하, 세척시간 2분 이상, 세척수 분당 40L이상에 맞게 세척한다
- ② 세척시간, 원물량, 수량 등에 따라 세척효과가 약화될 수 있으므로 주기적인 세척조건의 확인이 필요하므로 2시간마다 세척조건을 확인하고 기록한다.

- ③ 원물량은 자동세척기에 투입하기 전에 저울을 이용하여 그 양을 확인하고, 세척수량은 수량계를, 세척시간은 타이머를 사용한다.
- ④ 세척조건이 기준을 충족시킬 경우에는 다음 공정을 진행하고 기준 미달이거나 초과할 경우 재세척을 실시한다.
- ⑤ 세척공정 재세척 시 품질에 이상이 없으면 다음 공정을 진행하고, 이상이 있으면 폐기한다. 기준에 맞지 않다면 개선 조치 사항을 중점관리점(CCP)점검표에 기록한다.
- ⑥ 연 1회 이상 점검을 통해 수량계의 정상작동 여부를 확인한다.

### (3) 기타농산물 세척공정(CCP2) 관리지침

#### (가) 한계기준 설정

기타농산물 수동세척공정의 한계기준은 세척조에 투입하여 작업자가 직접 손으로 농산물 전체를 골고루 문질러 세척하고, 세척수에 침지시킨 후 상하, 좌우로 흔들어 물과 마찰 시킨다. 이 작업을 2분 이상 진행하고 이를 2회 반복한다. 세척조에 투입하는 원물의 양은 40kg 이하로 하고 세척수량은 100L이상이 되도록 하며, 세척수는 원물 40kg를 세척할 때마다 교체한다.

#### (나) 위해요소 관리매뉴얼

- ① 세척시간, 원물량, 수량 등에 따라 세척효과가 약화될 수 있으므로 주기적인 세척조건의 확인이 필요하므로 2시간마다 세척조건을 확인하고 기록한다.
- ② 원물량은 자동세척기에 투입하기 전에 저울을 이용하여 그 양을 확인하고, 세척수량은 수량계를, 세척시간은 타이머를 사용한다.
- ③ 세척조건이 기준을 충족시킬 경우에는 다음 공정을 진행하고 기준 미달이거나 초과할 경우 재세척을 실시한다.
- ④ 세척공정 재세척 시 품질에 이상이 없으면 다음 공정을 진행하고, 이상이 있으면 폐기한다. 기준에 맞지 않다면 개선 조치 사항을 중점관리점(CCP)점검표에 기록한다.
- ⑤ 연 1회 이상 점검을 통해 수량계의 정상작동 여부를 확인한다.

### (4) 금속검출공정(CCP3) 관리지침

#### (가) 한계기준 설정

금속검출공정의 한계기준은 금속이물크기 직경 2mm 이상이 검출되지 않아야 한다.

#### (나) 위해요소 관리 매뉴얼

- ① 포장된 제품을 컨베이어벨트에 올려놓고 금속검출기를 통과시킨다.
- ② 검출 신호 발생 시 금속 이물이 혼입된 제품을 제거하고 기록 관리한다.
- ③ 금속검출기의 정상 작동 유무를 작업시작 전, 매 4시간마다 확인하고, 기록하여 균일한 품질을 확보하도록 한다.

#### (다) 금속검출기의 감도확인

금속검출기의 감도확인방법은 다음과 같다.

- ① 기기감도의 설정 조건을 확인한다,
- ② 표준시편(금속이물(Fe, SUS)의 크기가 2mmφ이상)과 금속이물이 없는 것으로 확인된 제품을 금속검출기에 통과시켜 인식 여부를 확인한다.
- ③ 금속이물이 없는 것으로 확인된 제품에 표준시편을 넣고 인식 여부를 확인한다.
- ④ 금속성 이물이 검출된 경우, 금속이물의 출처를 조사하여 그 원인을 제거하고, 그 내역과 개선 조치 사항을 일지에 기록한다.
- ⑤ 금속검출기가 고장 났을 경우 즉시 수리하고, 이전 모니터링 시점부터 고장 확인 시점까지 금속검출기를 통과한 제품을 재통과 시킨 결과를 기록한다. 즉각적인 수리가 불가능하다면, 제품이 교차오염이 되지 않도록 조치를 취하여 냉장창고에 임시 보관한다.
- ⑥ 금속검출기를 연1회 이상 점검하여 이상 유무를 확인한다.

#### (5) 주기적 관리계획

세척공정 외의 일반공정은 일반위생관리 및 공정점검표에 따라서 주기적으로 점검한다.

##### (가) 주기적 관리내용

- ① 냉장창고 등의 온도계 점검 여부, 금속 검출기 정기점검 여부, 용수검사 실시 여부를 확인한다.
- ② 작업장 내 청소, 원재료 보관상태, 종업원 위생교육, 중요관리점(CCP)검증 등을 확인한다.
- ③ 용수탱크 청소. 소독을 실시하고 있는지 확인한다.
- ④ 종업원 개인위생관리. 제조설비 정상작동 여부. 작업장 청결상태 등을 전반적으로 관리한다.

##### (나) 종사자별 관리내용

- ① 생산팀장은 매일 '일반위생관리 및 공정점검표'를 작성하고, 청결작업 구역에 교차오염이 발생하지 않도록 관리를 한다. 또한 시설기준이나 영업자 준수사항이 식품위생법에서 정한 기준에 맞게 관리되고 있는데 확인하여야 한다.
- ② 생산팀원은 매일 작업시작 전에 종업원의 위생 상태나 위생설비 이상 유무 등을 확인하고, 작업 중에는 중요관리점(CCP1) 점검표를 작성하고 작업 후에는 작업장 바닥, 배수로나 제조설비의 청소 상태를 확인한다.

별지 1. 중요관리점 점검표

중요관리점(CCP1) 점검표 [ 세척 공정 (배추) ]				결 재	작성자	승인자
작성일자				점검자		
한계기준	원물량		세척수량		세척시간	
	분당 30포기 이하		40L이상		2분 이상	
주 기	작업시작 전 / 작업 중 2시간 마다					
방 법	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 원물량 : 육안으로 개수 확인</li> <li>○ 세척수량 : 수량계 이용 수량 측정</li> <li>○ 세척시간 : 타이머로 확인</li> </ul>					
품 명	측정시각	원물량	세척수량	세척시간	판 정	서 명
	:	포기	L	분	○ / ×	
	:	포기	L	분	○ / ×	
	:	포기	L	분	○ / ×	
	:	포기	L	분	○ / ×	
	:	포기	L	분	○ / ×	
개선조치방 법	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 세척작업을 중단하고 원물량, 세척수량, 세척시간을 기준대로 재조정된 뒤 다시 소독을 실시한다.</li> <li>○ 세척공정이 완료되면 해당 제품 중 샘플을 선택하여 제품 상태를 확인하고 이상 없을 경우 공정을 진행하고, 품질이 저하된 경우 해당 제품을 폐기한다.</li> <li>○ 세척수 교체 주기를 이탈 했을 경우 즉시 세척기준에 맞추어 재세척을 실시한다.</li> </ul>					
한계기준 이탈내용			개선조치 및 결과		조 치 자	확 인

별지 2. 일반위생관리 및 공정점검표

일반위생관리 및 공정점검표			결재	작성자	승인자
작성일자			점검자		
주기	관리	점검내용	기록		
			예	아니오	
일일 (작업전)	개인위생	위생복장과 외출복장이 구분하여 보관되고 있는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		종업원은 개인장신구 등을 소지하지 않고, 청결한 위생복장을 착용하고 작업하고 있는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		위생설비(손세척소독기 등) 중 이상이 있는 것이 있는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	방충방서	작업장은 밀폐가 잘 이루어지고 있으며, 방충시설에는 이상이 없는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	입고보관	이물	파손되거나 고장난 제조설비가 있는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
냉장·냉장제품 입고 시 배송차량온도 및 품온은 적절한가?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
		냉장창고의 온도가 적절히 관리되고 있는가?	냉장창고: ℃		
일일 (작업중)	공정관리	(구획이 안된 작업장의 경우) 청결구역작업과 일반구역작업이 시간차를 두고 이루어지고 있는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		절임 공정이 적절히 관리되고 있는가?	절임농도: 분		
		완제품의 포장 상태가 양호한가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		모니터링장비(온도계 등)는 사용전후 세척·소독을 실시하고 있는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
일일 (작업후)	방충방서	작업장 주변의 음식물폐기물은 잘 정리되어 보관되어지고 있고, 주기적으로 반출되고 있는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	세척소독	작업장 바닥, 배수로, 위생시설, 제조설비(식품과 직접 닿는 부분)의 청소·소독 상태는 양호한가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	점검	중요관리점(CCP) 점검표를 작성 주기에 맞게 작성하고, 한계기준 이탈시 적절히 개선조치 하였는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
일일 (입고시)	입고보관	원부재료 입고 시 시험성적서를 수령하거나, 육안검사를 실시하고 있는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
주간	방충방서	쥐뿔, 해충유인 포획장치(날파리, 바퀴벌레 등)에 포획된 개체수는?			
주간	세척소독	냉장창고 내부 청소 상태는 양호한가?			
		작업장 벽, 제조설비(제품과 직접 닿지 않는 부분)에 대한 청소·소독 상태는 양호한가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		위생복 세탁은 실시하였는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
매월	세척	작업장 전체 청소 상태는 양호한가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	교육	종업원 위생교육을 실시하였는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	검사	완제품에 대한 검사를 실시하였는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	검증	중요관리공정(CCP) 검증표를 작성하였는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
분기별	세척소독	용수탱크의 청소·소독은 실시하였는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
년간	점검	수량계 및 냉장창고의 온도계는 점검하였는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		금속검출기에 대한 정기점검을 실시하였는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	검사	용수검사(지하수의 경우)를 실시하였는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
특이사항		개선조치 및 결과	조치자	확인	



별지 3. 중요관리점 검증점검표

중요관리점(CCP) 검증점검표			결 재	작성자	승인자
작성일자		점검자			
공정	검증 내용	기 록			
		예	아니오		
세척공정 (배추)	종업원이 주기적으로 원물량, 세척시간, 세척수량을 확인하고 그 내용을 기록하고 있습니까?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	수량계는 연1회 이상 점검교정이 이루어지고 있습니까?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	종업원이 원물량을 확인하는 방법을 정확히 알고 있습니까?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	종업원이 세척시간을 확인하는 방법을 정확히 알고 있습니까?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	종업원이 세척수량을 확인하는 방법을 정확히 알고 있습니까?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	종업원이 한계기준 이탈시 실시해야 하는 개선조치 방법을 알고 있으며, 이탈 및 개선조치 내용이 기록되고 있습니까?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
금속검출 공정	종업원이 주기적으로 표준시편을 통해 금속검출기의 감도 이상유무를 확인하고 있습니까?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	금속검출기는 정기적으로 이상 유무를 확인하고 있습니까?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	종업원이 금속검출기 감도를 확인하는 방법을 정확히 알고 있습니까?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	종업원이 한계기준 이탈시 실시해야 하는 개선조치 방법을 알고 있으며, 이탈 및 개선조치 내용이 기록되고 있습니까?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
한계기준 이탈내용		개선조치 및 결과		조 치 자	확 인

## 제4절 김치제조 자동화 장비의 투자대비 경제성 규명

### 1. 배추 및 절임배추의 생산·유통 현황

배추의 생산량은 잦은 기상 이변과 식부 면적의 변동성에 따라 생산량이 매년 크게 변동하고 있다. 배추 가격도 폭등과 폭락이 반복되어 물가불안 요인으로 지목되는 대표적인 품목이다. 지난 이명박 정부에서는 ‘MB 물가지수’ 52개 품목 중 배추를 대표 품목에 포함되기도 하였다.

정부의 물가안정 노력에도 불구하고 배추는 2~3년 주기로 생산량이 큰 폭의 변동을 반복하고, 이에 따라 시장 가격도 큰 진폭을 보이고 있다. 2010년 대관령지역의 기온급락으로 배추 생산량이 급감하였고, 집중호우까지 겹치면서 배추 생산량은 2009년보다 29.5% 감소한 1,783,010톤에 머물렀다. 2011년은 2010년보다 50.3% 증가한 2,680,847톤이 생산되어 가격이 하락하였으나 2012년은 이상기후로 가을배추 생산량이 전년대비 32.2% 감소하면서 또다시 김장철 배추가격이 급등하였다. 2013년은 기상여건 호조와 생산면적 확대로 생산량이 크게 늘면서 산지의 시장격리 등 정부의 적극적 수급조절정책이 나오고 있는 실정이다.

이처럼 해마다 배추의 생산량과 가격이 널뛰기 현상을 보이면서, 수급조절을 위한 산지폐기(시장격리), 수입확대 등이 해마다 반복되고 있다. 이로 인해 배추의 수요의 대량수요처인 김치가공공장은 안정적인 배추 조달에 어려움을 겪으면서 가격이 급등시에는 정상적인 사업이 불가능한 상황이 되기도 하고, 일반 가정에서는 김장용 배추의 가격 진폭에 따라 김장비용이 널뛰기하는 현상도 나타나고 있다. 이 때문에 산지에서부터 소비지에 이르기까지 배추의 안정적인 공급과 가격 안정이 중요한 경제 및 사회 문제도 대두되고 있다.

또한 최근 핵가족화, 고령화되면서 농식품소비의 소량화, 간편화로 김장용 절임배추 시장이 크게 확대되고 있으며, 김치가공업체 뿐만 아니라 개별농가들의 절임배추 생산판매도 크게 증가하고 있다.

#### 가. 배추의 생산, 수입, 가격 동향

##### (1) 배추 재배 면적 및 생산량

배추는 해마다 생산면적과 생산량의 진폭이 20~30%씩 나타나는 현상을 보이고 있다. 2012년 기준 25,576ha 면적에서 1,816,021톤이 생산되었으나, 이는 2011년 35,351ha, 2,680,847톤보다 각각 27.7%, 32.3% 감소한 수준을 기록하였다.

표 1. 최근 5년간 배추 생산 면적 및 생산량

연도	면적(ha)	생산량(톤)
2008	37,285	2,584,908
2009	34,321	2,528,966
2010	28,270	1,783,010
2011	35,351	2,680,847
2012	25,576	1,816,021

※자료 : 통계청

지방자치단체의 행정통계에 따르면 전남의 배추 생산면적과 생산량이 가장 많아 전국 생산량의 32.8%에 달하며, 다음으로 강원, 충남, 경기 순이다.

표 2. 2012년 기준 지역별 배추 재배 면적 및 생산량

단위 : ha, 톤

구분	봄배추		고랭지배추		가을배추		겨울배추		전체	
	생산면적	생산량	생산면적	생산량	생산면적	생산량	생산면적	생산량	생산면적	생산량
전남	337	20,320	-	-	3,056	254,639	3,660	330,713	7,053	605,672
강원	1,185	48,124	5,733	209,569	1,345	77,529	-	-	8,262	335,223
충남	504	27,194	-	-	2,794	227,118	-	-	3,298	254,312
경기	422	21,283	-	-	1,789	171,941	32	1,645	2,243	194,869
경북	888	55,251	243	13,151	961	71,838	39	1,035	2,131	141,276
전북	523	27,791	130	7,129	1,493	106,001	-	-	2,145	140,921
경남	282	13,837	169	10,759	670	36,429	65	3,328	1,185	64,354
충북	379	14,820	127	4,636	413	17,690	61	2,994	980	40,139
부산	116	4,897	-	-	520	19,794	-	-	635	24,691
인천	240	9,876	-	-	268	10,077	-	-	508	19,953
제주	72	3,754	16	720	-	-	130	7,941	218	12,415
광주	74	2,838	30	1,163	-	-	-	-	104	4,001
대구	26	1,090	-	-	38	1,761	-	-	64	2,851
울산	6	179	-	-	30	1,723	1	4	37	1,906
대전	22	628	-	-	13	938	1	49	36	1,615
총계	5,075	251,883	6,448	247,127	13,388	997,478	3,987	347,709	28,898	1,844,197

※자료 : 지자체별 행정통계

(2) 배추의 수입

2010년은 배추생산량이 격감하여 가격이 폭등함에 따라 수급조절을 위해 전체 배추생산량의 0.8%인 13,564톤을 수입하였다. 수입시기는 김장철인 10월에 전체 수입량의 85%인 11,487톤이 집중되었으며, 이는 2009년부터 2013년 현재까지 최근 5년간 수입된 배추는 총 23,240톤의 약 49%에 달하는 물량이다.

2010년산 배추 수급 불균형으로 2011년 봄배추까지 수입이 지속되었으며, 고랭지 출하시기인 8월과 9월에 각각 932톤, 793톤이 수입되었다. 그러나 2011년산 배추생산량이 증가하면서 2012년 수입량은 큰 폭으로 감소하였으며, 2013년 9월까지 1,356톤이 수입되었다.

표 3. 최근 5개년 배추 수입 현황

단위 : 톤

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
2009	0	0	0	0	111	0	0	0	0	0	0	0	111
2010	0	0	0	104	39	0	0	23	23	11,487	1,682	206	13,564
2011	459	1,435	1,915	592	21	15	76	932	793	16	25	47	6,326
2012	0	0	136	865	111	13	0	62	97	505	50	44	1,883
2013	617	278	235	31	24	0	0	0	171				1,356

※자료 : 관세청

(3) 배추 가격

2009년부터 2013년 현재까지 최근 5년간 배추의 도매가격 추이를 보면, 2013년 연평균 가격(11월 현재)은 kg당 958원으로, 배추 파동으로 가격이 폭등했던 2010년 1,062원에 가장 근접한 높은 시세를 형성하고 있다. 그러나 배추는 생산주기가 3-4개월로 짧고 작형별로 가격이 독립적으로 형성되는 경향이 있어 각 작형별 가격과 수급이 다르게 나타는 특징이 있다. 2010년 10월 평균가격은 1,573원인 반면, 2013년은 564원으로 30%수준을 보이고 있으나, 2010년 1월 가격은 491원으로 2013년 1,218원에 비해 오히려 40%에 불과하였다. 배추가격은 김장철을 앞두고 1년 중 가장 많은 배추수요가 몰리는 10월 가격이 수급에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 분석되고 있다.

표 4. 최근 5개년 배추 도매가격

단위 : kg/상품

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균
2009	391	396	624	1,155	994	427	487	685	685	436	353	365	584
2010	491	798	1,133	1,386	945	619	897	929	1,952	1,573	922	1,117	1,062
2011	1,331	1,226	1,310	818	379	335	673	1,090	900	587	365	322	774
2012	350	524	921	1,214	726	492	795	902	1,279	995	790	1,082	837
2013	1,218	1,236	1,240	1,124	694	529	629	1,342	1,251	564	454	-	958

※자료 : <http://www.kamis.co.kr>

- 주 1. 서울가락, 대전오정, 광주각화, 대구북부, 부산염곡 등 5개 도매시장의 평균 가격임
- 2. 포기당 가격으로 조사되어 kg단위로 환산함

최근 5년간 배추의 소매가격 추이를 보면, 2013년 연평균 가격(11월 현재)은 kg당 1,067원으로, 배추 파동이 있던 2010년 이후로 높은 가격을 형성하고 있다. 김장 수요가 많은 10월 가격 기준(840원)으로는 2010년(2,022원)에 비해 2.4분의 1 수준의 가격을 형성하고 있으며, 지난 2012년(1,110원)에 비해서도 24.3% 가량 낮은 금액을 보이고 있다.

표 5. 최근 5개년 배추 소매가격

단위 : kg/상품

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균
2009	490	487	681	1,112	1,398	861	681	872	937	820	591	575	792
2010	689	930	1,368	1,813	1,221	804	991	1,260	2,128	2,022	1,055	1,079	1,278
2011	1,433	1,456	1,419	1,000	434	369	687	1,228	1,000	686	438	370	871
2012	400	571	956	1,036	820	665	851	887	1,088	1,110	865	988	853
2013	1,168	1,187	1,223	1,239	917	827	858	1,236	1,385	840	637	-	1,067

※자료 : <http://www.kamis.co.kr>

- 주 1. 전통시장, 대형마트 등 전국단위 소매업체 조사결과 평균 가격임
- 2. 포기당 가격으로 조사되어 kg단위로 환산함

배추의 도소매 가격 추이를 보면, 도매가격보다 소매가격이 낮은 역전현상이 자주 발생하고 있는데, 이는 대형마트 등에서 시행하는 할인행사에 배추가 미끼상품으로 자주 등장하기 때문이다. 도매가격보다 소매가격이 2013년 1월 50원, 2월 49원, 3월 17원, 8월 106원이 더 저렴하였다.

#### 나. 절임배추 생산 및 가격 동향

2011년 김치산업실태조사(aT)에 따르면, 국내 김치제조업체에서 생산한 절임배추 총 물량은 156,183톤이며, 절임배추 시장 규모는 309억원으로 추정(전체 김치시장 규모 1조 9,296억원)된다. 절임배추 생산 지역별로는 강원(29.6%), 경북(19.7%), 인천(16.8%), 경남(12.4%) 순이다.

최근 소비자의 김장용 배추 수요가 신선배추에서 절임배추로 이동하고 있는 경향을 보이고 있다. 이는 최근 핵가족화와 김치를 직접 담그는 세대의 노령화, 편의성을 추구하는 소비추세 등에 따라 김장수요가 주춤하면서 절임배추에 대한 선호도가 높아지고 있기 때문으로 풀이된다.

이 같은 시장 수요에 따라 절임배추 가공 판매를 통해 부가가치를 높이려는 농가들이 증가하고 있으며, 산지에서는 절임배추가 새로운 수익원이 되고 있다. 이러한 생산자와 소비자의 니즈가 맞아떨어지면서 절임배추 시장은 당분간 꾸준한 성장세를 보일 것으로 전망된다.

그러나 김장철 신선배추의 시세에 따라 절임배추 판매량이 영향을 받는 것으로 분석되고 있다. 대형마트 바이어 및 도매시장 관계자들에 따르면, 소비자들은 신선배추 가격이 높으면 절임배추를, 신선배추 가격이 낮으면 신선배추를 구매하여 직접 절여서 김장을 하는 가정이 더 많은 것도 보고되고 있다. 이에 따라 김장철 신선배추의 가격이 큰 폭으로 하락한 2013년 11월 현재, 원물 배추 판매는 큰 폭으로 증가한 반면 절임배추와 포장김치 판매는 줄어들었다는 분석이 나오고 있다. 18일 이마트에 따르면 2013년 11월 11~14일 배추 매출은 전년대비 2.5배가량(148.2%) 증가하였고, 무는 14.1%, 마늘은 9.8%, 고춧가루와 소금은 각각 7.4%, 4.6% 증가한

것으로 발표되었다. 이에 반해 절임배추 예약판매액은 전년대비 17.5% 줄었고 포장김치 매출은 5.2% 감소하였다.

표 6. 지역별 절임배추 생산 동향

지역	생산 동향										
전남 해남	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 해남배추(주)는 전남 해남에 해남 절임배추와 시래기를 가공할 수 있는 종합처리시설 준공</li> <li>- 종합처리시설은 대지 9,551㎡, 건물 연면적 5,913㎡에 작업장, 저온창고, 염수 재처리시설, 집하·포장시설을 갖추고 1일 절임배추 30톤, 시래기 5톤씩 연간 8,750톤 생산</li> <li>- 겨울 절임배추의 경우 1000여 농가에서 연간 2만 4000톤 생산</li> </ul>										
충북 괴산	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1996년 전국 최초로 절임배추 판매 시작</li> <li>- 매출액은 2008년 160억원에서 2012년 285억원으로 매년 증가하고 있는 추세</li> </ul> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>연도</th> <th>2008년</th> <th>2010년</th> <th>2011년</th> <th>2012년</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>매출액 (억 원)</td> <td>160</td> <td>222</td> <td>272.5</td> <td>285</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 매출액의 증가는 절임배추 판매량 증대에 따른 상승(2010년부터 2012년까지 절임배추 가격 2만 5000원으로 동결)</li> <li>- 2012년 114만(박스당 20kg)박스, 22,800t 생산</li> <li>- 해외시장 판로를 개척하여 2011년에는 2000박스, 2012년에는 1만 박스 수출</li> <li>- 현재 일본 등 해외 시장 판로 개척에 노력 중</li> </ul>	연도	2008년	2010년	2011년	2012년	매출액 (억 원)	160	222	272.5	285
연도	2008년	2010년	2011년	2012년							
매출액 (억 원)	160	222	272.5	285							
충남 태안	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 총 9곳의 업체에서 절임배추 생산 및 판매(태안장터, 건농영농조합법인, 다운친환경영농조합법인, 오석산농원, 안면도방포영농조합법인, 안면도사랑영농조합법인 등)</li> <li>- 2012년은 2011년 대비 20% 판매 증가</li> </ul>										
강원 영월	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2008년부터 군 자체사업으로 절임배추 사업을 시작하여 9개의 절임배추 시설 보유</li> <li>- 약 100여개 농가가 절임배추 사업 참여</li> <li>- 판매량은 2008년 885t에서 2011년에는 1400t으로 58% 증가</li> </ul> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>연도</th> <th>2009년</th> <th>2010년</th> <th>2011년</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>판매량</td> <td>885t</td> <td>1,000t</td> <td>1,400t</td> </tr> </tbody> </table>	연도	2009년	2010년	2011년	판매량	885t	1,000t	1,400t		
연도	2009년	2010년	2011년								
판매량	885t	1,000t	1,400t								
강원 횡성	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2011년 명품횡성 배추마을 조성사업을 통해 1일 10t을 생산할 수 있는 절임배추공장 준공</li> </ul>										

울산시 울주	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2011년 울주군 상북면 소호에 절임배추 공동작업장 준공</li> <li>- 소호 일대 22개 농가 참여, 2만 6000여포기 절임배추 생산</li> </ul>												
충북 청원	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 4개의 작목반에서 연간 70여t 절임배추 생산</li> <li>- 2011년 4만 1500(박스당 20kg)박스 판매, 10억 3700만원 매출 기록</li> </ul>												
충남 보령	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 천북 EM 절임배추는 2012년 12월까지 6천 박스(박스당 20kg) 120t 생산</li> </ul>												
충남 서산	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 8개의 절임배추 생산업체가 있으며, 3곳은 서산지역 해수, 5곳은 일반 소금물 이용 절임배추 생산</li> <li>- 김창철의 경우 업체별로 하루 평균 200박스 판매</li> </ul>												
충북 단양	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2008년 단양군 가곡면 대대2리 주민들로 구성된 하일영농조합법인 신설</li> <li>- 2010년 80t, 2011년 160t, 2012년 100t 판매</li> </ul> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>연도</th> <th>2009년</th> <th>2010년</th> <th>2011년</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>판매량</td> <td>80t</td> <td>160t</td> <td>100t</td> </tr> <tr> <td>매출액</td> <td>8000만원</td> <td>2억 1200만원</td> <td>1억 5천만원</td> </tr> </tbody> </table>	연도	2009년	2010년	2011년	판매량	80t	160t	100t	매출액	8000만원	2억 1200만원	1억 5천만원
연도	2009년	2010년	2011년										
판매량	80t	160t	100t										
매출액	8000만원	2억 1200만원	1억 5천만원										
전북 부안	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 부안군은 농가소득 증대 전략상품으로 ‘海風愛(해풍애)’ 개발</li> <li>- 2012년 롯데슈퍼 및 온·오프라인을 통해 2만 2000박스(박스당 20kg)판매, 8억원의 매출 올림</li> </ul>												

절임배추 가격은 2011년부터 최근까지, 1kg당 최저 1,250원부터 최고 3,273원이었다. 배추(상품)의 월별 도매가격을 이용하여 배추절임 가공비를 계산하면, 1kg당(절임배추 기준) 최저 255원부터 최고 2,524원이었다. 전문 배추절임업체 및 김치제조업체 조사 결과, 적정 배추절임 가공비는 평균 500원/1kg(절임배추 기준)이었고, 절임배추 공급 단가는 1,400~2,200원/kg 이었다.

표 7. 절임배추 가격 자료(2011-2013)

연번	지역	시기	절임배추 가격(원/박스)	단위 (kg)	절임배추 단가(원/kg)	생배추 단가 (원/kg)	가공비 (원/kg)	비고
1	강원 영월	2011-11	25,000	20	1,250	365	885	
2	강원 횡성	2011-11	35,000	20	1,750	365	1,385	
3	경기 양주	2011-11	24,000	20	1,200	365	835	
4	전북 정읍	2011-11	15,000	10	1,500	365	1,135	
5	충남 태안	2011-11	38,000	20	1,900	365	1,535	
6	충북 청원	2011-11	25,000	20	1,250	365	885	
7	경북 울주	2011-12	28,000	20	1,400	774	626	
8	세종시	2012-10	25,000	20	1,250	995	255	
9	충북 증평	2012-10	26,000-30,000	20	1,300-1,500	995	505	
10	강원 동해	2012-11	24,000	10	2,400	790	1,610	
11	경북 영덕	2012-11	35,000	20	1,750	790	960	
12	전남 진도	2012-11	37,000	20	1,850	790	1,060	
13	전남 해남	2012-11	30,000	20	1,500	790	710	
14	충남 괴산	2012-11	25,000	20	1,250	790	460	
15	충남 보령	2012-11	34,000	20	1,700	790	910	
16	충남 서산	2012-11	30,000-34,000	20	1,500-1,700	790	910	
17	충남 홍성	2012-11	29,000	20	1,450	1,082	368	
18	충북 단양	2012-11	28,000	20	1,400	790	610	
19	전남 나주	2012-12	33,000	20	1,650	1,082	568	
20	전북 부안	2012-12	36,000	20	1,800	1,082	718	
21	경남 함양	2013-04	35,000	20	1,750	1,124	626	
22	강원 영월	2013-05	40,000	20	2,000	749	1,251	aT싱싱장터
23	강원 철원	2013-05	25,000	10	2,500	749	1,751	aT싱싱장터
24	경북 군위	2013-05	35,000	20	1,750	749	1,001	aT싱싱장터
25	광주광역시	2013-05	19,500	10	1,950	749	1,201	aT싱싱장터
26	전남 보성	2013-05	38,000	20	1,900	749	1,151	aT싱싱장터
27	전북 진안	2013-05	32,730	10	3,273	749	2,524	aT싱싱장터

자료 : 현장조사, 싱싱장터(<http://www.esingsing.com/ver2011/main.do>), 농산물유통정보(KAMIS : <http://www.kamis.co.kr/customer/main/main.do>)



다. 절임비용 결정 요인

배추 절임 비용의 결정 요인을 “관행식(conventional)” 절임시설과 “이동식” 절임장치로 구분하여 보면 다음 표 8과 같다.

절임비용의 일반적 결정요인은 인건비, 가변재 비용, 내구성 자산의 감가상각비, 토지 및 건물, 세금 및 공과금, 원물배추의 조달비용, 물류비, 가동률, 불확실성 등으로 구분할 수 있다.

여기에서 “이동식” 절임 장치는 트레일러 박스에 설치되어 트레일러 차량을 통해 배추 산지를 이동하게 되므로 이와 관련된 차량 이동비용, 차량 및 부속 장비 비용 등이 관행식 절임시설과 달리 절임비용의 결정 요인이 된다. 또한 산지를 이동하며 배추를 절이므로 관행식 절임시설과는 달리 원물 배추의 물류비가 절약된다.

표 8. 절임 비용의 결정 요인

요 인	관행식	이동식
○ 인건비 - 작업에 필요한 인력의 급여 및 복리후생비	○	○
○ 가변재 비용 - 소금, 용수, 전력, 포장재 등 - 트레일러 차량의 이동 비용	○	○ ○
○ 내구성 자산의 감가상각비 - 입고/정선: 작업대, 운반장비 - 절단: 통배추 이절기 - 절임/탈수: 절임조, 탈수운반대, 염수제조탱크(재사용장비) - 세척/포장: 세척기, 계량기, 포장기 - 건물 - 트레일러 차량 및 부속 장비	○ ○ ○ ○ ○	○
○ 토지 및 건물 - 토지 구입비의 이자 또는 임차료 - 건축비의 이자 또는 임차료	○ ○	○
○ 세금 및 공과금	○	○
○ 원물 배추의 조달 비용 - 산지수집상 - 도매시장 - 직접 탐색 및 직거래	○ ○ ○	○ ○
○ 물류비 - 원물 배추 - 절임 배추	○ ○	○
○ 가동률 - 생산물 단위당 고정비(감가상각비, 토지자본이자 등)의 변동	○	○
○ 불확실성 - 이상기후, 김치 또는 배추의 수출입, 소비 트렌드 등	○	○

라. 이동식 절임장비의 이동경로

배추의 작형별 성출하기는 봄배추가 4월 하순(시설), 6월 중순(노지), 고랭지배추는 7월 하순~9월 하순(고랭지), 7월 상순~9월 하순(준고랭지 1기작), 9월 상순~10월 중순(준고랭지 2기작), 가을배추는 10월말~12월 상순(중부), 11월 상순~12월 하순(남부)이고, 겨울배추는 1월 중순~3월 하순이다.

다음 표는 배추의 작형별 전국 생산량 비율이 2% 이상인 지역(주산지)만을 정리한 자료이다. 배추의 수확시기가 자연적으로 일정한 기간의 범위 안에 있는데, 대체로 1개 주산지(시/군)에서 연속적으로 작업할 수 있는 기간은 10일(봄, 고랭지)~30일(가을, 겨울)이다. 다만, 작형별 주산지들이 매년 변동하기 때문에 절임장비의 연간 이동경로를 사전에 확정하기 위해서는 재배 동향(의향)을 확인하여 미리 계약을 체결할 필요가 있다.

표 9. 작형별 배추 주산지

봄배추 4월 - 6월				고랭지배추 7월 - 10월				가을배추 10월 - 12월				겨울배추 1월 - 3월			
지역	생산량 (t)	비율 (%)	누적 비율 (%)	지역	생산량 (t)	비율 (%)	누적 비율 (%)	지역	생산량 (t)	비율 (%)	누적 비율 (%)	지역	생산량 (t)	비율 (%)	누적 비율 (%)
화순	95,340	25.0	25.0	삼척	54,530	22.9	22.9	해남	134,392	17.5	17.5	해남	101,314	85.6	85.6
해남	57,170	15.0	40.0	평창	43,871	18.4	41.3	고창	32,139	4.2	21.6	무안	7,576	6.4	92.0
평택	38,021	10.0	49.9	태백	37,164	15.6	57.0	무안	30,293	3.9	25.6	신안	5,409	4.6	96.5
문경	24,862	6.5	56.5	정선	34,003	14.3	71.2	천안	19,206	2.5	28.1				
고창	11,696	3.1	59.5	강릉	12,960	5.4	76.7	태안	18,516	2.4	30.5				
나주	10,557	2.8	62.3	횡성	11,658	4.9	81.6	당진	18,511	2.4	32.9				
보령	8,797	2.3	64.6	영월	11,196	4.7	86.3	나주	18,072	2.4	35.2				
진도	8,452	2.2	66.8	봉화	6,889	2.9	89.2	아산	17,352	2.3	37.5				
청원	8,345	2.2	69.0	청원	4,810	2.0	91.2	진도	16,907	2.2	39.7				
서산	7,908	2.1	71.1					영덕	15,538	2.0	41.7				
								김제	15,453	2.0	43.7				

주 : 작형별 전국 생산량에서 차지하는 비율이 2% 이상인 시·군  
 자료 : 각 시·군별 응답자료(2011)

### 마. 비용편익분석모형

비용-편익분석(Cost-Benefit Analysis)은 어떤 공공사업을 수행하는데 드는 비용과 그 사업으로부터 얻을 수 있는 편익을 모두 화폐단위로 표시하고, 이를 종합적으로 검토하여 편익이 비용을 초과하는 경우, 해당 사업이 경제성을 갖는다고 판단하는 기법이다. 비용-편익분석이 최초로 이용되기 시작한 것은 1808년 미국 국무성의 갈라틴(Albert Gallatin)이 수질 관련 프로젝트에 편익과 비용의 비교를 권유하면서부터라고 할 수 있다. 비용편익분석의 방법론으로는 순현재가치법, 내부수익률법, B/C비율법 등이 있다.

#### (1) 순현재가치법

순현재가치(net present value, NPV)는 투자의 결과로 발생하는 현금유입의 현재가치에서 현금유출의 현재가치를 차감한 것을 의미한다. 의사결정 기준은 순현재가치가 0보다 클 경우 타당성 있는 것으로 판단한다.

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{(CI_t - CO_t)}{(1+r)^t} \quad (1)$$

여기에서,  $NPV$ 는 순현재가치,  $CI_t$ 는  $t$ 기의 현금유입,  $CO_t$ 는  $t$ 기의 현금유출,  $r$ 은 할인율을 의미한다.

#### (2) 내부수익률법

내부수익률(internal rate of return, IRR)은 기회비용의 관점에서 최저 요구 수익률을 파악함으로써 사업의 타당성을 평가하기 위하여 고안된 개념이다. 내부수익률은 투자사업에서 발생하는 편익의 현재가치와 비용의 현재가치를 일치시켜 순현재가치가 0(zero)이 되는 내부수익률을 구하고, 이 값이 요구수익률보다 크면 경제적 타당성이 있는 것으로 판단하는 방법이다.

$$\sum_{t=0}^n \frac{CI_t}{(1+r)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{CO_t}{(1+r)^t} \quad (2)$$

여기에서 요구수익률은 미래가치를 현재가치로 환산할 때 적용되는 할인율과 같다.

#### (3) B/C비율법

편익/비용 비율법은 미래 편익흐름의 현재가치 합계가 미래 비용흐름의 현재가치 합계보다 크거나 같은 사업을 선정하는 방법이다. 아래에서 보는 바와 같이 편익과 비용의 비율이 1보다 크면 편익이 비용을 상쇄하므로 사업의 경제성은 확보된다고 판단한다.

$$B/C\text{ratio} = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+r)^t}} \quad (3)$$

여기에서,  $r$  은 할인율,  $T$ 는 기간,  $B_t$ 와  $C_t$ 는  $t$ 기에 발생하는 편익과 비용을 각각 의미한다.

편익/비용 비율법과 순수익의 현재가치법은 같은 개념이며, 이 방법은 내부수익률법보다 우월한 것으로 알려져 있다(Brookshire and Crocker, 1981; 김홍균 등, 1997). 따라서 본 연구에서는 순현재가치법을 기본 방법론으로 사용하고자 한다.

#### 바. 절임배추 수요량 예측

이동식절임장치의 비용과 편익을 추산하기 위해서는, 일차적으로 절임배추 수요량을 예측하여 이동식절임장치의 사업 규모를 설정할 필요가 있다. 이동식절임사업은 김치제조업체를 대상으로 절임배추를 공급하므로, 이동식절임사업이 공급하는 절임배추의 수요량을 예측하기 위해서는 기본적으로 “상품 배추김치”의 소비량에 대한 시계열 자료가 필요하나, 이에 적합한 자료가 없는 실정이다.

표 10. 김치 수급 구조(2011)

공급		소비			배추 환산량						
제조업체		가정	외급식	계	제조업체		가정	외급식	계		
계	710,859	계	1,573,064	746,918	2,319,982	계	848,144	계	1,697,879	749,718	2,447,597
	(100.0)		(67.8)	(32.2)	(100.0)		(100.0)		(69.4)	(30.6)	(100.0)
제조	480,781	담금	577,863	285,203		제조	530,357	담금	624,114	286,272	
	(67.6)		(24.9)	(12.3)			(62.2)		(25.5)	(11.7)	
수입	230,078	의존	637,614	104,579		수입	317,787	의존	687,898	104,971	
	(32.4)		(27.5)	(4.5)			(37.8)		(28.1)	(4.3)	
(수출)	(27,429)	구입	357,587	357,137	714,724	(수출)	(37,885)	구입	385,867	358,475	744,342
			(15.4)	(15.4)	(30.8)				(15.8)	(14.6)	(30.4)

- 주 1. “제조”에는 “수출”이 포함되어 있지 않음  
 2. “배추 환산량”은 배추김치에 한함  
 3. “가정”의 “의존”은 김치를 전지로부터 얻는 것을 의미하고, “외급식”의 “의존”은 프랜차이즈 본사로부터 조달받는 것을 의미함  
 4. 단위: 톤/년, ( ) 안의 구성비는 %

따라서 본 연구에서는 김치제조업체의 절임배추 수요량 예측을 위해 1인당 배추김치 “소비량”(농림수산식품부), 1인 1일당 배추김치 “섭취량”(보건복지부), 그리고 현장 조사 결과에 의해 구한 각종 조정계수 또는 전환계수를 사용하였다(1인당 배추김치 “소비량”은 2011년도에 국한된 자료이고, 1인 1일당 배추김치 “섭취량”은, 불완전하지만, 시계열 자료가 존재함).

이동식절임사업에서 김치제조업체로 공급해야하는 절임배추의 양은 김치제조업체의 “절임배추 총사용량”에 “시장 의존도”를 곱하여 구하였으며, 김치제조업체의 “절임배추 시장 의존도”는 현장 조사(N=37)를 통해 구하였다. 김치제조업체의 절임배추 구입 의향에 대한 조사 결과 절임배추 시장 의존도(미실현)는 평균 7.78%로 나타났다.

김치제조업체의 “절임배추 총사용량”은 “국산 상품 배추김치 소비량”에 “배추=김치” 전환계

수(0.724) 및 “배추=절임배추” 전환계수(0.476)를 곱하여 구하였으며, “국산 상품 배추김치 소비량”은 “상품 배추김치 소비량”에서 “배추김치 순수입량(수출량-수입량)”<sup>1)</sup>을 차감하여 구하였다. “상품 배추김치 소비량”은 “1인 1일당 배추김치 섭취량”에 “배추김치 상품화율”, “섭취량=소비량” 조정계수(1.416)<sup>2)</sup>, “추계인구 수(중위)”, “365일”등을 곱하여 구하였다.

미래의 절임배추 수요량을 예측하기 위해 위에서 언급한 주요 변수들의 미래값을 자기회귀 모형(autoregressive model, AR) 또는 다중선형회귀(multiple linear regression)모형의 추정 결과에 의해 예측한 자료를 사용하였다. 다만 “배추김치 상품화율”은, 배추김치를 포함한 주요 전통식품의 상품화율과 소요기간<sup>3)</sup>을 고려, 매년 1.2%씩 증가하게 될 것으로 가정하였다.

(1) 1인 1일당 배추김치 섭취량

1인 1일당 배추김치 섭취량(g)을 예측하기 위해서, 배추김치 섭취량에 영향을 미치는 변수들을 선정하고, 다중회귀분석을 실시하였다. 1인 1일당 배추김치 섭취량에 대한 다중회귀분석에 사용된 독립변수는 실질가처분소득(rdi), 1인 1일당 쌀소비량(con\_rice), 외식 소비지출 비율(r\_res), 배추 물가지수(rcpi\_bae) 등 4개이다.

표 11. 배추김치 섭취량 예측을 위한 변수

변수명	설명(기간)	출처
실질 가처분 소득 (rdi)	1인당 가처분소득÷GDP 디플레이터×100 (1998-2012)	OECD, IMF, 한국은행
1인 1일당 쌀소비량 (con_rice)	전년 11월 1일부터当年 10월 31일까지 기준 (1998-2012)	양곡소비량조사(통계청)
외식 소비지출액 비율 (r_res)	{1+(가구당 식사비 지출액 ÷ 식료품·비주류음료 지출액)} <sup>-1</sup> (1990-2012)	가구당월평균가계수지, (가계동향조사, 통계청) ※도시, 2인 이상, 실질
배추 물가지수 (rcpi)	농가판매가격지수(배추)÷농림어업GDP디플레이터×100 (1975-2012)	품목별소비자물가지수(통계청) 경제활동별 국내총생산 디플레이터(한국은행)
배추김치 섭취량 (dose_bk)	약 3,000 표본을 대상으로 24시간 회상법에 의해 배추김치 섭취량을 조사 (1998-2011), ※ 조사 자료가 없는 7개 년도는 직전 년도의 값과 같다고 가정	국민건강통계(보건복지부)

1) 여기에서 배추김치의 수입과 수출량은 김치 전체의 교역 자료를 인용하였는데, 이는 전체 김치의 교역 자료 중 배추김치가 차지하는 비율을 정확히 계측할 수 없기 때문임.  
 2) 조정계수는 섭취량 자료로부터 소비량을 구하기 위해 고안한 도구로써, 연간 배추김치 소비량을 섭취량으로 나누어 구함. 섭취량 자료는 불연속적이지만 시계열 자료가 있고, 소비량 자료는 일정 시점에 조사된 자료만 있기 때문에, 최근의 한 시점을 기준으로 조정계수를 구하였음.  
 - 국민 1인당 연간 배추김치 소비량은 소비자 가구에서 연간 24.58kg, 외·급식업체를 통해 연간 10.85kg이 소비되어 연간 총 배추김치 소비량은 35.43kg임(2011 김치산업실태조사).  
 - 2011년 국민 1인당 배추김치 섭취량은 68.6g(국민건강통계)으로 국민 1인당 연간 배추김치 섭취량은 25.0kg임.  
 3) 2010년 기준 주요 전통식품의 상품화율과 상품화 이후 소요기간을 살펴보면 간장의 상품화율은 85%, 소요기간 70년, 고추장의 상품화율 59%, 소요기간 43년, 된장 상품화율 37% 소요기간 33년, 배추김치(2011년 기준) 상품화율 34.7%, 소요기간 31년임.

김치가 정상재일 때, 실질 가치분 소득<sup>4)</sup>이 증가하면 김치의 섭취량도 증가할 것으로 판단된다. 쌀은 김치의 보완재로서 각각의 소비량은 서로 밀접한 관계에 있다. 쌀 소비량이 감소하면 김치 소비량이 절대적으로 감소하게 될 것이므로, 김치 섭취량도 감소할 것으로 판단된다. 식사비 지출액에서 차지하는 외식 소비지출 비율이 증가하면, 외식·급식을 통한 김치 소비량이 증가하고 가정에서의 김치 소비량이 감소할 것으로 생각된다<sup>5)</sup>. 일선 김치 사업자들에 의하면, 배추 가격이 상승하면 김치를 시장에서 구입하는 소비자의 비율이 높아지고, 배추 가격이 하락하면 김치를 가정에서 직접 담그는 비율이 증가하는 것으로 알려져 있다. 따라서 배추 가격이 변동하면 배추김치 섭취량에 직접적으로 영향을 미칠 것으로 판단되며, 추정모형은 다음과 같다. 여기에서 Lx는 t-x기 지체(lag)값을, Dx는 t-x기와 t기 값의 차분(difference)을 나타낸다.

(실질가처분소득)  $\widehat{rdi} = f(L1.rdi)$   
 (쌀소비량)  $\widehat{con\_rice} = f(L1.con\_rice)$   
 (외식 비율)  $\widehat{r\_res} = f(L1.r\_res)$   
 (배추 물가지수)  $\widehat{rcpi} = f(D2.rcpi, L1.rcpi)$   
 (배추김치섭취량)  $\widehat{dose\_bk} = f(\widehat{rdi}, \widehat{con\_rice}, \widehat{r\_res}, L1.\widehat{rcpi})$

설명변수에 대한 AR모형 추정 결과, 실질가처분소득은 지속적으로 증가할 것으로 예측되었다. 1인 1일당 쌀 소비량은 2011년 195g에서 2030년 119g으로 감소할 것으로 예측되었다. 외식 소비지출 비율은 2030년까지 47~48% 수준에서 정체할 것으로 예측되었다. 배추 농가판매가격 지수는 지속적으로 상승하여 2030년에는 2011년의 약 2배가 될 것으로 예측되었다. 1인 1일당 배추김치 섭취량은 2013년 75.24g에서 지속적으로 감소하여 2030년에는 61.84g을 기록할 것으로 예측되었다.

표 12. 설명변수의 AR모형 추정 결과

Model	Variables	Coef.	Std. Err.	t	P>t	R <sup>2</sup>
rdi	L1.rdi (실질가처분소득)	1.022387	0.004889	209.13	0.000	0.9997
con_rice	L1.con_rice (1인1일당 쌀소비량)	0.974146	0.003031	321.45	0.000	0.9999
r_res	L1.r_res (외식소비지출비율)	0.752590	0.037559	20.04	0.000	0.9710
	cons. (상수항)	0.119106	0.016493	7.22	0.000	
rcpi	D2.rcpi (배추물가지수_차분)	0.508923	0.063204	8.05	0.000	0.9779
	L1.rcpi (배추물가지수)	1.028259	0.026567	38.70	0.000	

4) 가치분소득(disposable income)은 개인소득 중 소비·저축을 자유롭게 할 수 있는 소득을 의미하며, GDP 디플레이터는 당해 연도 명목 GDP와 실질 GDP 간의 비율로, 기준연도에 비해 금년도의 물가가 얼마나 상승했는지를 나타내는 지표로 계산방법은 당해년 가격 GDP를 기준년 가격 GDP(2005=100)로 나누어 산출함.

5) 소비자 가구의 김치 시장 의존도는 22.7%, 외/급식업체의 김치 시장 의존도는 61.8%임(2011김치산업실태조사)

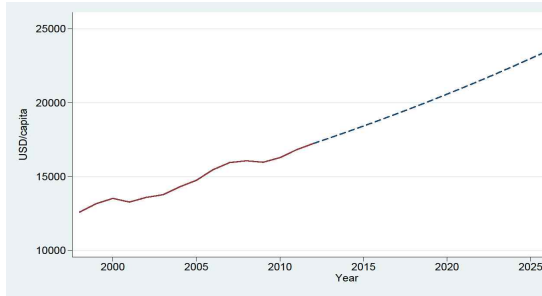


그림 1. 실질가처분소득

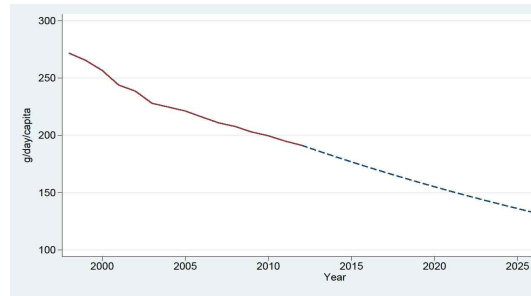


그림 2. 1인 1일당 쌀 소비량

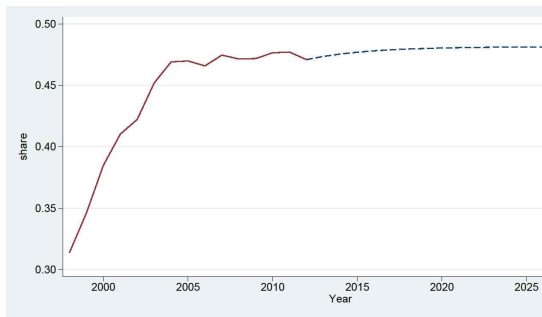


그림 3. 외식 소비지출 비율

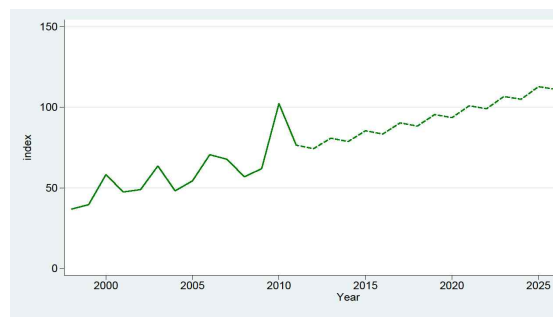


그림 4. 배추 물가지수

표 13. 배추김치 섭취량의 다중선형회귀모형 추정 결과

dose_bk (배추김치 섭취량)	Coef.	Std. Err.	t	P>t	R <sup>2</sup>
$\widehat{rdi}$ (실질가처분소득)	0.001191	0.000506	2.35	0.043	0.9998
$\widehat{con\_rice}$ (1인1일당쌀소비량)	0.190360	0.011151	17.07	0.000	
$\widehat{r\_res}$ (외식소비지출비율)	72.46581	14.37446	5.04	0.001	
$\widehat{L1.rcpi}$ (배추물가지수)	-0.20916	0.034183	-6.12	0.001	



그림 5. 1인 1일당 배추김치 섭취량

### (3) 배추김치 소비량

“섭취량-소비량” 조정계수 및 배추김치 상품화율을 이용하면 “상품” 배추김치 소비량과 “가내제조” 배추김치의 소비량을 추산할 수 있다.

상품 배추김치 소비량은 2011년 26.96g/인일(61만 2,435톤/연)에서 2030년 35.56g/인일(95만 8,530톤/연)으로 완만히 증가할 것으로 전망되나, 가내제조 배추김치 소비량의 감소에 따라 전반적인 배추김치 소비량은 감소할 것으로 전망된다.

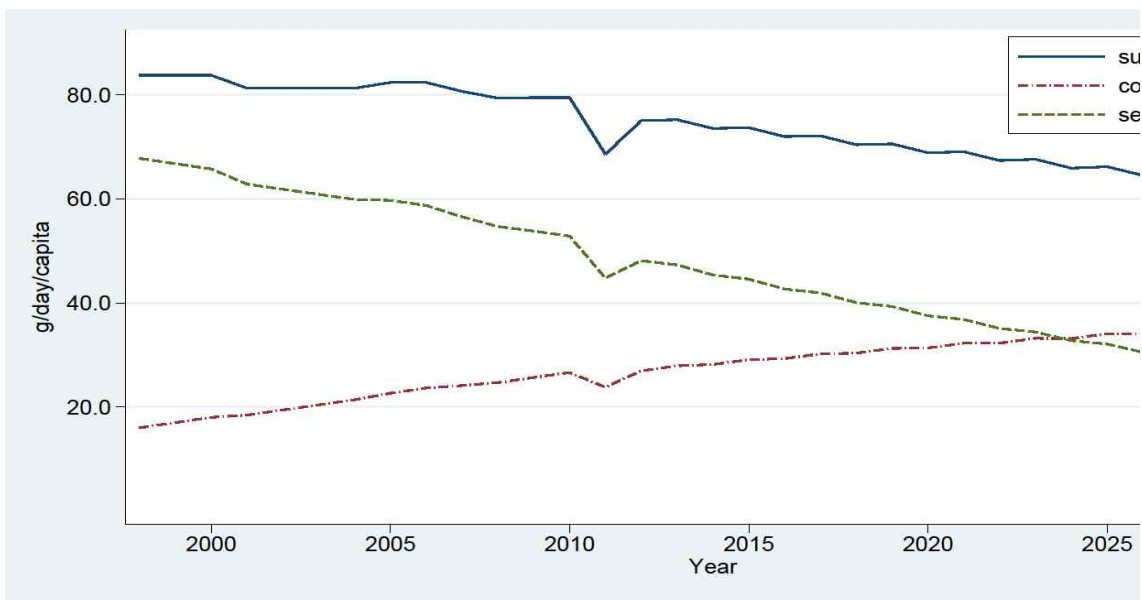


그림 6. 1인 1일당 배추김치 소비량

### (4) 김치 무역수지 반영

국내 상품 배추김치 소비량이 증가할 것으로 전망되지만, 만약 수입 김치의 국내 시장 점유율이 대폭 상승하면, 국내 김치제조업이 위축되고 상품 배추김치 제조용 절임배추의 수요량도 역시 감소할 것으로 예측된다.

김치 무역수지 추정 모형은 김치 무역수지(수출량-수입량=순수입량) 시계열 자료(balance)의 1기 지체(lag) 값(L1.balance)을 설명변수로 도입한 자기회귀모형으로, 추정 결과에 의해 김치 무역수지의 추세를 예측하고, 추세치(적자 증가), 역추세치(적자 감소), 그리고 최근 5개년(2008년~2012년) 평균치 등을 계산하여 3가지 시나리오를 상정하였다.

추정에 사용한 자료는 김치류 전체의 교역 자료인데, 이는 김치류의 수출입량에서 배추김치가 차지하는 비율이 매우 높다고 알려져 있지만 정확한 수치가 공표되어 있지 않기 때문이다.

표 14. 김치 무역수지에 대한 AR모형의 추정 결과

Model	Variable	Coef.	Std. Err.	t	P>t	R <sup>2</sup>
balance	L1.balance	1.041452	0.090083	11.56	0.000	0.9114



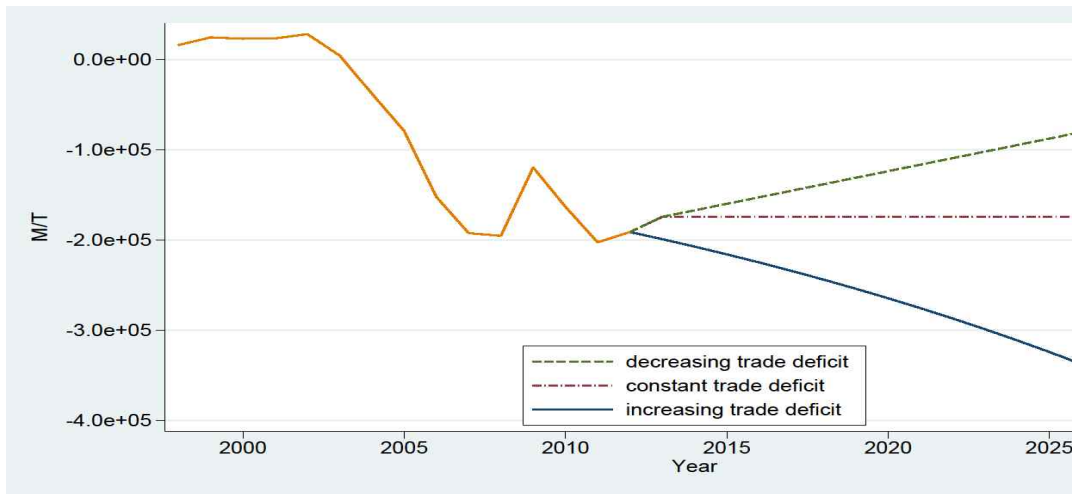


그림 7. 김치 무역수지(중량기준)

상품 배추김치 제조용 배추 사용량에 김치 무역수지(순수입량)을 반영하는 산식은 다음과 같다.

$$con_{bae}^* = (con_{bk} + balance) \times f_{bk}^{-1}$$

여기에서,  $con_{bae}^*$ 는 상품 배추김치 제조용 배추 사용량(무역수지 반영),  $con_{bk}$ 는 배추김치 소비량,  $balance$ 는 김치 무역수지(순수입량), 그리고  $f_{bk}$ 는 배추=김치 전환계수(0.724)를 의미한다.

분석 결과, 김치 무역수지 적자폭이 감소하거나 또는 최근 5개년 평균값을 유지하면, 상품 배추김치 제조용 배추 사용량(무역수지 반영)은 2030년까지 지속적으로 증가할 것으로 전망되었다. 무역수지 적자폭(순수입량)이 추세대로 증가하면, 상품 배추김치 제조용 배추 사용량은 2011년(56만 6,002톤/연)에 저점을 기록하고 2025년(81만 7,278톤/연)까지 증가하다가 이후부터 감소할 것으로 전망되었다.

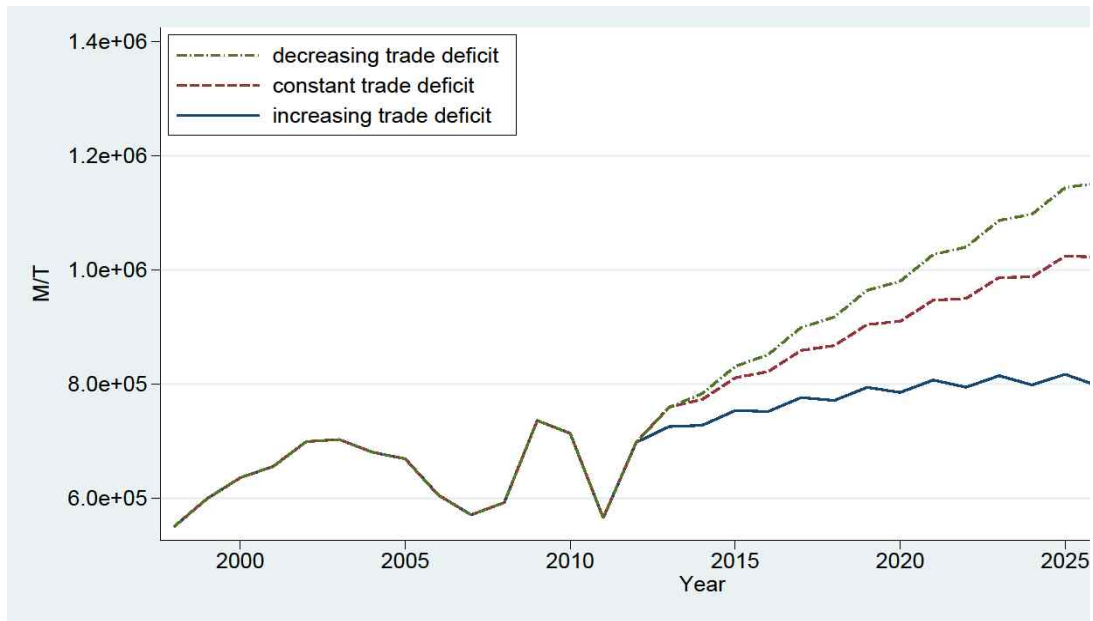


그림 8. 무역수지 시나리오별 상품 배추김치 제조용 배추 사용량

#### (5) 김치제조업체의 절임배추 시장의존도 반영

김치제조업체의 절임배추 사용량을 예측하기 위하여 2013년 5월부터 실시한 김치제조업체 조사결과(37개)를 사용하였다.

김치제조업체 조사 결과에 의하면 김치제조업체의 절임배추 사용여부에 대한 질문에 11%의 업체가 사용하고 있다고 응답하였으며, 84%는 사용하고 있지 않다고 응답하였다(5%는 응답하지 않음). 배추김치 가공용 절임배추를 안정적으로 공급받을 수 있다면 사용할 의도가 있냐는 질문에 27%의 업체가 사용할 의도가 있다고 응답하였고, 65%의 업체는 사용할 의도가 없다고 하였다(8% 무응답). 절임배추를 공급받기 원하는 물량에 대해서 절임배추 사용의도가 있는 업체들은 배추김치 생산량에 36%정도 사용하기를 원하며, 김치생산량으로 따졌을 경우 37개 업체 배추김치 생산량 38,353톤 중 2,982톤으로 배추김치 생산량의 7.78%이다.

김치 제조업체의 설문조사 결과에 의하면 절임배추를 외부업체로 공급받을 경우 폐기물 처리 비용 절감, 수송비 절감, 인력난 해소 등 문제를 해결할 수 있을 것으로 기대하고 있으며, 이에 김치제조업체의 절임배추 사용량을 매년 1%, 매년 2%씩 증가하는 것으로 가정하고 절임배추 사용량 추정하였으며, 연간 1%씩 상승할 경우 20년차에 절임배추 사용비율은 26.78%, 연간 2%씩 상승할 경우 20년차 절임배추 사용비율은 45.78%이다.

이동식절임사업의 사업 규모는 배추김치의 무역수지(중량기준)와 김치제조업체의 절임배추 시장의존도에 따라 달라질 수 있다. 배추김치의 국내 소비량이 일정할 때, 중량 기준으로 배추김치 무역수지 적자폭(순수입량)이 증가하면 국내 김치제조업체의 절임배추 수요량이 감소할 것이며, 김치제조업체가 절임배추를 시장에 더 많이 의존하게 되면 이동식절임사업이 공급하는 절임배추에 대한 수요량이 증가할 것이다.

따라서 절임배추 사용량의 연간 성장률을 상품김치 시장 성장률(연평균 1.2%)를 근거로 하여, 저성장(1%)과 고성장(2%) 하는 2가지 경우를 생각할 수 있다. 이를 김치 무역수지 적자(중량기준) 폭이 증가(추세치), 불변(최근 5개년 평균), 감소(증가율과 동일한 비율)하는 3개의 경

우와 조합하면 모두 6가지 시나리오가 성립한다.

표 15. 절임배추 수요량 추산을 위한 시나리오 구성

시나리오	김치 무역수지 적자(증량기준)의 변동	김치제조업체의 절임배추 시장의존도 증가률(매년)
I1	증가(추세치)	1%
I2		2%
C1	불변(2008-2011 5개년 평균)	1%
C2		2%
D1	감소(역추세치)	1%
D2		2%

상품 배추김치 제조용 배추 사용량(무역수지 반영)에 “김치제조업체의 절임배추 시장의존도”를 반영하는 산식은 다음과 같다.

$$con_{bae}^{**} = con_{bae}^* \times out_{sb}$$

여기에서,  $con_{bae}^{**}$ 는 상품 배추김치 제조용 배추 사용량(무역수지 및 절임배추 시장의존도 반영)에  $con_{bae}^*$ 는 상품 배추김치 제조용 배추 사용량(무역수지 반영),  $out_{sb}$ 는 김치제조업체의 절임배추 시장의존도를 의미하며, 절임배추 시장의존도는 7.78%(2011년)에서 시작하여 매년 1% 또는 2%씩 정률 증가하도록 계산하였다.

계산 결과, 시나리오 I1 및 I2를 제외한 모든 시나리오에서 상품 배추김치 제조용 배추 사용량이 2030년까지 지속적으로 증가할 것으로 전망되었다(시나리오 I1와 I2의 경우(김치 무역수지 악화, 김치제조업체의 절임배추 시장의존도 성장률 각각 1% 및 2%) 2011년부터 2029년까지 각각 4만 4,034톤/연에서 7만4,863톤/연, 4만 4,034톤/연에서 8만 9,389톤/연으로 증가하지만, 그 증가 추세는 시간이 흐름에 따라서 매우 완만해질 것으로 예측되었음).

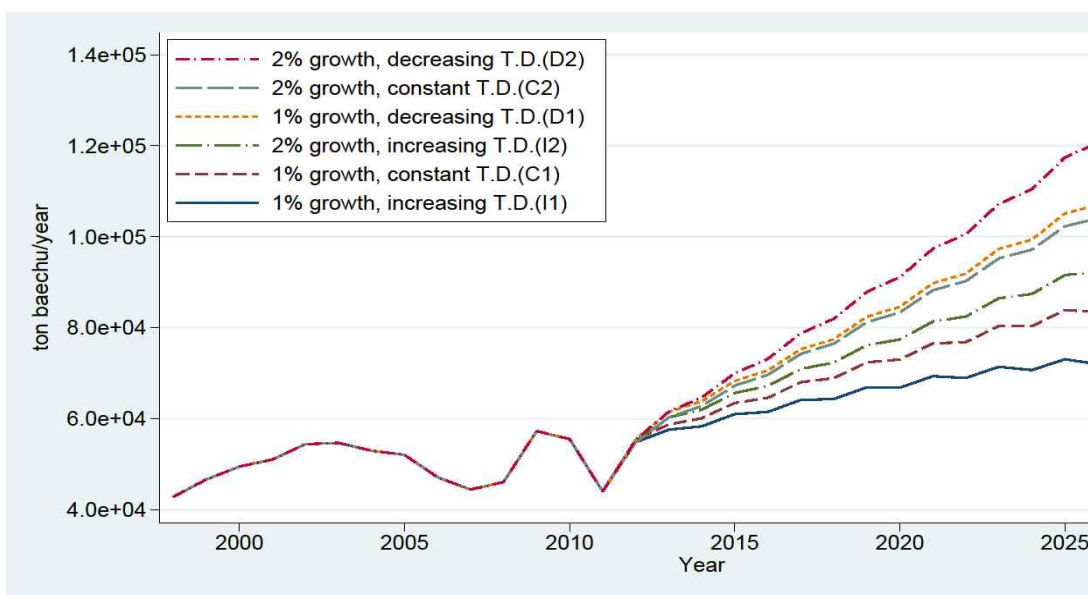


그림 9. 최종 시나리오별 상품김치 제조용 배추 사용량

## 2. 이동식 배추절임시스템의 절임배추 제조원가

### (1) 이동식 배추절임시스템의 사업 규모

이동식 배추절임시스템은 절임트레일러, 세척 및 포장 트레일러 등 2대의 트레일러가 1조를 이루는 시스템이다. 여기에서는 1조의 이동식 배추절임시스템을 운용하는 것을 기준으로 사업 규모를 평가한다.

복수의 이동식 배추절임시스템을 운용하는 경우, 복수의 지역에 1조씩 산개하든가 아니면, 같은 지역에 집중하여 작업하고 동시에 이동하는 방식이 있을 수 있다. 또한 몇 조의 시스템이 실제 운용 가능한지 또는 최적인지에 대한 해답이 필요하다. 그러나 이러한 질문에 답하기 위해서는 실제 운용 경험치를 바탕으로 하는 별도의 연구가 필요하므로, 여기에서는 이동식 배추절임시스템 1조를 운용하는 것을 전제로 논의를 전개할 것이다.

이동식 배추절임시스템은 절임트레일러에 절임조 4대(2.5톤/1회 처리)를 장착하여 연속적으로 작업할 수 있도록 설계되어 있다. 작업 흐름별로 절임조 1대의 작업량(배추 중량기준)을 완료하는데 소요되는 시간은

- ① 염수제조 및 배추투입(1시간/1탱크 배추, 염수 제조는 최초 제조 후 연속하여 사용하지만 배추 투입은 순차적으로 이루어짐),
- ② 절임(5시간/1탱크 배추),
- ③ 배추 회수 및 이송(1시간/1탱크 배추),
- ④ 세척 및 포장(1시간/1탱크 배추) 등으로서

1회전을 완료하는데 총 8시간이 소요될 것으로 추정된다.

절임조 1대당 2.5톤으로 설계되었으므로, 설계용량의 100%에 해당하는 배추를 절임조가 수용한다고 가정하면, 절임조 4대가 1회전 할 때 총 10톤의 생배추를 처리할 수 있다.

표 16. 이동식 절임 시스템의 1일 작업 시간(추정)

절임조	시간																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
A	①	②	②	②	②	②	③	④	①	②	②	②	②	②	③	④			
B		①	②	②	②	②	②	③	④	①	②	②	②	②	②	③	④		
C			①	②	②	②	②	②	③	④	①	②	②	②	②	②	③	④	
D				①	②	②	②	②	②	③	④	①	②	②	②	②	②	③	④
인력 소요	4	4	4	4	0	0	4	8	12	12	8	4	0	0	4	8	8	8	4

주: 원 안의 숫자는 공정의 고유번호로서 ①=염수 제조 및 배추 투입, ②=절임, ③=배추 회수 및 이송, ④=세척 및 포장 등을 의미함

4대의 절임조에서 순차적으로 작업할 경우 1회전에 11시간이 소요되고, 연속하여 2회전 작업하면 19시간 소요될 것으로 추정되었다. 따라서 1일 처리 능력은 10톤(1회전)부터 20톤(2회전)

까지이다.

인력 소요는, 순수 작업인력만을 추산하였고, 관리직, 운전기사 등은 고려하지 않았다. 공정 별로 소요 인력 수는 “염수제조 및 배추 투입”에 4명, “절임” 0명, “배추 회수 및 이송”에 4명, “세척 및 포장”에 4명 등이다.

작업 소요시간과 인력 소요를 이와 같이 추정된 것은 시작품 시연 현장을 관찰하여 얻은 결론에 근거한 것이다. 시작품 시연 현장에 대한 관찰 결과 작업규모 산정시 고려하여야 할 사항은 다음 표 17과 같다.

표 17. 시작품 시연에 대한 관찰 결과

<p>1. 작업 지상고가 최대 약 3미터로서 배추와 작업자의 상하 이동에 많은 에너지와 시간이 소요됨</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 배추 하역 0m(지상고, 이하 같음) → 투입컨베이어 시작 1m, 절단 2m, 절임조 투입 3m → 절임조 1m~2.5m → 배추 회수 3m~1m</li> <li>- 작업자의 위치(발판 지상고)가 0m부터 약 2.5m까지 가변적이어서 이동에 많은 에너지가 소요되고, 트레일러 주위에 약 1.5 높이의 작업 발판을 설치하여야 함</li> </ul>
<p>2. 절임염수의 염도를 목표치까지 올리기 위하여 많은 시간이 소요됨</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 절임염수의 염도 30%를 달성하기 위해서는 사전에 충분한 시간을 두고 염수를 제조해 둘 필요가 있음</li> <li>- 계절에 따라 목표 염도에 도달하지 못할 가능성도 상존하므로 이에 대한 기술적 대안을 강구할 필요가 있음</li> </ul>
<p>3. HACCP 기준을 충족하기 위해 작업 속도가 완만해질 수 있음</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 외부와 완전히 분리(또는 밀폐)되지 않는 작업환경이므로 HACCP 선행요건<sup>6)</sup>을 충족하지 못할 우려가 있음</li> <li>- 단, 이동식 배추절임시스템에서 절인 배추를 가공식품으로 판매하지 않는 경우, HACCP 규제를 회피할 수 있으나, 최종 소비자가 절임배추를 세척후 사용하여야 하므로 소비자 편익이 감소하게 됨</li> </ul>
<p>4. 완제품의 염도 강하를 위해 세척 시간이 연장될 수 있음</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 고염도 절임수를 사용하면 절임배추의 염도를 적정하게 낮추기 위해 기존 방법에 비해 더 많은 세척 시간과 용수가 소요될 수 있음</li> </ul>

시작품의 시연에 대한 관찰 결과, 작업자의 복지, 설비의 성능 유지를 위한 정비작업 등을 고려하면, 현실적으로 적절한 절임작업 시간은 1일당 11시간(1회전)이 될 것으로 전망된다. 따라서 이동식 배추절임시스템 1조의 작업량은, 생배추를 기준으로, 1일 10톤, 연간 2,400톤(10톤×20일×12월)이 된다. 수율 52%(농협)를 적용하면 절임배추 생산량은 연간 1,248톤이다.

6) 식품위생요소중점관리기준 제5조, 별표1 I. 가. 영업장 관리 - 작업장

1. 작업장은 독립된 건물이거나 식품취급외의 용도로 사용되는 시설과 분리(벽층 등에 의하여 별도의 방 또는 공간으로 구별되는 경우를 말한다. 이하 같다.)되어야 한다.
2. 작업장(출입문, 창문, 벽, 천장 등)은 누수, 외부의 오염물질이나 해충·설치류 등의 유입을 차단할 수 있도록 밀폐 가능한 구조이어야 한다.
3. 작업장은 청결구역(식품의 특성에 따라 청결구역은 청결구역과 준청결구역으로 구별할 수 있다.)과 일반구역으로 분리하고, 제품의 특성과 공정에 따라 분리, 구획 또는 구분할 수 있다.

## (2) 이동식 배추절임시스템의 비용

이동식 배추절임시스템은 일정한 부지에 건물을 짓고 설비를 갖추는 방식이 아니라, 절임설비를 갖춘 트레일러를 견인 차량으로 운반하여 배추 산지를 이동하면서 배추를 절이는 방식이다. 따라서 비용 항목이 관행식 절임시설과 동일한 것도 있으나 차이가 있는 항목도 있다.

### (가) 시설비(트레일러 견인 차량비) 및 기타 비용

이동식 배추절임시스템의 시설비는 트레일러 차량 구입비가 유일하다. “화물운송시장 동향(한국교통연구원, 2011)”에 의하면, 트레일러화물차주가 일시불로 차량을 구입하는 경우 평균 선급금(차량구입금액)은 4,327만원이며, 신차는 10,968만원, 중고차는 3,533만원 수준이다. 트레일러화물차주가 할부로 차량을 구입하는 경우 선급금은 평균 2,304만원이며, 신차는 2,787만원, 중고차는 1,464만원이다.

트레일러 차량의 할부구입시 평균 상환기간은 44.1개월로 신차(49.1개월)가 중고차(35.3개월)에 비해 상환기간이 긴 편이다. 트레일러 차량의 구입금액(할부금 포함)은 평균 7,767만원으로 신차가 12,406만원, 중고차가 4,760만원 수준이다.

여기에서는 최상급 중고차량을 구입하여 사용하는 것으로 가정하여 차량 구입 비용을 1대당 6,000만원으로 계상하였다.

차량의 내구년수는 일반적으로 5년으로 규정하고 있으나(농림사업 시행지침서 제1권의 농림사업실시규정 34조 제1항 관련[별지 5호 서식]), 이동식절임용 트레일러를 견인하는 작업은 일반 화물 운송용 트레일러 차량에 비해 연간 이동 거리가 매우 짧다. 따라서 이동식 배추절임시스템의 트레일러 견인용 차량의 내구년수를 10년으로 가정하였다.

트레일러차주의 보험료 총 납입액(1년분)은 평균 282만원이며, 이 중 자동차 보험료는 242만원, 적재물 보험료는 40만원 수준이다.

2011년 2/4분기 트레일러 운송운임의 경우 부산~수도권 구간의 운임은 20ft 순방향 편도 30만원, 20ft 왕복 69만원, 40ft 순방향 편도 44만원, 40ft 왕복 76만원 수준이다.

트레일러차량의 평균연비는 3.2km/ℓ, 일평균 운행속도는 52.9km/h 수준이다. 연료비 단가는 중부지역(충청)의 2013년 자동차용 경유 평균 가격 1,760원/리터(<http://www.opinet.co.kr/>)를 사용하였다.

이동식 절임장비의 1개월당 가동일을 20일이라고 가정하면, 최소 방문 지역의 수는 봄배추 6개소, 고랭지배추 8개소, 가을배추 3개소, 겨울배추 3개소 등이 된다.

방문 지역의 수를 최소화하여 상위 주산지만을 방문한다고 가정하면, 트레일러 차량의 연간 총 이동거리는 3,008km가 된다. 단, 어떤 계절의 주산지로부터 다음 계절의 주산지로 이동할 때는 계절(작형)별 최대 주산지 간 이동하는 것으로 가정하였다. 주산지 간 이동 거리는 SK텔레콤이 제공하는 최적 경로 자료를 이용하였으며, 각 군(또는 시)청을 기준으로 측정하였다. 차고지는 임의의 배추 주산지 1개소에 있는 것으로 가정하였고, 차량 정비는 각 배추 주산지에 소재한 정비소를 이용하는 것으로 가정하였다.

트레일러 차량의 평균 연비가 3.2km/리터(한국교통연구원)이므로 연간 3,008.4km를 주행하면, 연료는 차량 1대당 연간 940리터가 필요하고 연료비는 1,654,400원이 된다.

표 18. 트레일러 차량의 이동 거리 및 통행료

봄배추 4월 - 6월			고랭지배추 7월 - 10월			가을배추 10월 - 12월			겨울배추 1월 - 3월			합계			
지역	거리 (km)	통행료 (원)	지역	거리 (km)	통행료 (원)	지역	거리 (km)	통행료 (원)	지역	거리 (km)	통행료 (원)	거리 (km)	통행료 (원)		
화순	97.9	0	삼척	503.0	34200	해남	573.0	34200	해남	0.0	0	-	-		
해남	98.1	0	평창	138.0	7500	고창	132.0	5900	무안	81.5	4300				
평택	329.0	24000	태백	87.5	0	무안	61.4	4600	신안	26.6	0				
문경	145.0	10100	정선	53.3	0	-			-						
고창	265.0	16000	강릉	72.6	0										
나주	63.1	2900	횡성	110.0	7500										
-			영월	95.7	4700										
			봉화	75.7	0										
소계	998.1	53000	소계	1135.8	53900	소계	766.4	44700	소계	108.1	4300			3008.4	155900

주) 계절별 주산지 간 이동은 계절별 최대 주산지 간 이동하는 것으로 가정하였다. 즉, 겨울배추 지역에서 봄배추 지역으로의 이동 거리는 겨울배추 최대 주산지인 해남에서 봄배추 최대 주산지인 화순으로의 이동거리와 같다.

수리비는 엔진오일, 타이어 등 소모품 교체비로서, 1개월에 평균 30만원, 연간 360만원이 소요되는 것으로 가정하였다.

이동식 절임을 위한 작업장 용지는 전력과 수도가 공급되고, 트레일러 차량 2대가 회전할 수 있는 넓이를 갖추고, 평탄해야 한다. 따라서 배추 주산지에 근접한 APC, 공설운동장, 공원 부속지 등을 임차하여 사용하는 것으로 가정하였다. 용지 임차료는 전력 사용료, 용수 사용료 등을 포함하여 1일당 10만 원을 계상하였다.

표 19. 트레일러 견인 차량비 및 기타 비용

구분	단가(천원)	수량	비용(천원)	비고
차량 구입비	35,330	2	7,066	내구년수 10년
보험료(연간)	3,000	2	6,000	-
연료비(연간)	1,654.4	2	3,308.8	-
통행료(연간)	155.9	2	311.8	-
수리비(연간)	3,600	2	7,200	-
용지 임차료(연간)	100	240(일)	24,000	전력, 용수 포함
합 계	-	-	47,886.6	-

(나) 절임 설비비

이동식배추절임시스템의 절임 설비는 절임설비와 세척/포장설비로 구성되며 각각 1대의 트레일러, 총 2대의 트레일러에 장착된다. 절임 설비비는 ㈜라이스코리아의 예상 견적 가격을 이용하였다. 절임 트레일러 제작비는 296,045천 원, 세척 및 포장 트레일러 제작비는 171,820천 원으로서, 절임 설비비는 총 4억 6,786만 5천 원이 소요될 것으로 추정된다. 비용 내역은 다음 표와 같다.

표 20. 절임 트레일러 제작비 내역

연번	설비명	규격	수량	단가(원)	비용(원)
1	절임조	1,040×4,140×1,610	4	5,000,000	20,000,000
2	염수저장조	1040×1440×1610	1	20,000,000	20,000,000
3	배추칼집이절기	600×3500×1900	1	15,000,000	15,000,000
4	배추이송컨베이어	400×9200×1800	1	10,000,000	10,000,000
5	배추건집컨베이어	860×2,000×400	4	6,000,000	24,000,000
6	절임배추이송컨베이어	600×4000×300	1	6,000,000	6,000,000
7	절임배추배출밀기장치	Φ40×4,200×2.2kw	4	5,000,000	20,000,000
8	절임수공급배관	80A(Φ60.5)	4	5,000,000	20,000,000
9	염수펌프	1m <sup>2</sup> /min	4	3,000,000	12,000,000
10	절임수회수배관	80A(Φ89.1)	4	2,000,000	8,000,000
11	솔레노이드밸브	80A(Φ89.1)	4	1,000,000	4,000,000
12	염수제조기및배관	800×18000×1000	1	8,000,000	8,000,000
13	절임배추누름판	120×800×1,650	4	1,000,000	4,000,000
14	솔레노이드, 사다리	800×2,870×2,000	1	1,650,000	1,650,000
15	염수자동배전판	400×250×1500	1	5,000,000	5,000,000
16	염수회수가열장치	2"×900L(6KW), 2"×500L	2	10,400,000	20,800,000
17	염수재처리장비프레임	2540×12770×2500	1	9,900,000	9,900,000
18	염수재처리장비천막	2540×12770×2500	1	6,315,000	6,315,000
19	배추공급장비(예상)	3000×5000×2500	1	30,000,000	30,000,000
합계					244,665,000



표 21. 세척 및 포장 트레일러 제작비 내역

연번	설비명	규격	수량	단가(원)	비용(원)
1	1차세척조	1200×2000×1500	1	20,000,000	20,000,000
2	2차세척조	1200×2000×1500	1	20,000,000	20,000,000
3	이송컨베이어	500×2000×1500	1	5,000,000	5,000,000
4	2단정선컨베이어	1000×4500×1400	1	18,000,000	18,000,000
5	계량대	500×1000×1400	1	2,000,000	2,000,000
6	냉각장치	2000×3000×2000	1	40,000,000	40,000,000
7	포장장치	2000×3000×2000	1	30,000,000	30,000,000
8	외부시설및천막	2540×12770×2500	1	7,000,000	7,000,000
합계					142,000,000

(다) 재료비

재료비는 배추, 소금 등의 원재료비, 포장재료비 등으로 구성된다.

배추가격을 톤당 292천원(농협, 산지 직구입)으로 가정하면, 배추 구입비는 연간 700,800천원 이 된다.

소금은 절임염수 제조에 사용되며 30%의 고염도 절임수를 제조하므로 통상적인 사용량의 약 2배가 소요된다. 그러나 이동식 배추절임시스템에 장착되어 있는 절임염수 재처리장치에 의해 한 번 제조한 절임염수는 30회를 반복하여 사용할 수 있고, 재사용시 소금을 10%만 보충하면 되므로 소금 사용량이 절감될 수 있다(고등기술원, 절임염수 재사용 방법 및 친환경처리기술 연구). 절임염수 제조를 위해 투입되는 소금의 연간 비용은 아래와 같이 산출된다.

$$C_{salt} = [(Q_{init} + Q_{supp} \cdot 29) \cdot 30^{-1}] \cdot P \cdot D_{yr},$$

여기에서  $Q_{init}$  은 최초 절임염수 제조시 사용되는 소금의 양,  $Q_{supp}$  는 절임염수를 재사용할 때 보충되는 소금의 양,  $C_{salt}$  은 연간 소금 비용,  $P$  는 소금 가격,  $D_{yr}$  은 연간 절임염수 사용 횟수를 각각 의미한다.

절임염수를 최초로 제조할 때 소금 사용량은 3톤이 소요되며, 재사용시 소금 보충량은 0.3톤이다. 30회를 반복 사용할 때 1회당 평균 소금 사용량은 0.39톤이 되고, 연간 작업일 수 240일(20일×12월), 톤당 가격 383천원(천일염)으로 가정하면, 소금 구입비는 연간 35,849천원이 된다.

포장재료는 케이블타이(52원/매), 라벨지(52원/매), 비닐(650원/매) 등을 사용하는 것으로 가정하였다. 생배추 50kg(절임배추 26kg) 당 1매씩 투입되면, 각각 연간 48,000매가 소요된다. 연간 포장재료비는 각각 2,496천원, 2,496천원, 31,200천원이 소요되어 총 36,192원이 된다.

(라) 인건비

이동식 절임시스템의 절임 공정은 “배추투입→절임→회수/이송→세척→탈수→포장”의 단계를 거친다. 1일 절임배추 10톤을 생산하는데 필요한 인원은 17명(절임 작업자 12명, 총무 1명,

영업 1명, 회계 1명, 운전기사 2명)으로 가정하였다. 생산직은 월 2,203,687원, 관리직은 3,884,946원(고용노동부, 고용형태별근로실태조사, 2012)을 인건비 평균 단가로 사용하였다. 인건비 총액은 1개월에 사무직(3명) 36,675천원, 생산직(14명)은 26,444천원으로서 연간 480,244천원이 소요될 것으로 추산된다.

#### (마) 제조경비

제조경비에는 수도광열비, 소모품비, 차량비, 폐기물·수처리비, 복리후생비, 감가상각비, 기타비용(용지임차료 등) 등으로 구성된다.

수도광열비는 용지임차료에 반영되어 있으므로 기타비용에 합산하였다.

소모품비는 작업용 소모품(필터, 전극, 밸브, 장갑, 위생복, 용기, 사무용품 등)으로서 작업일 1일당 5만원이 소요되는 것으로 가정하였다. 연간 소모품비는 12,000 천원(5만원×20일×12월)이 된다.

폐기물·수처리비는 발생하지 않는 것으로 가정하였다. 산지에서 배추를 절이므로 배추 폐기물을 현장에서 자원화하여 농지로 되돌리면 폐기물 처리비가 발생하지 않는다. 또한 염수를 순환하여 재사용하므로 폐수처리비도 발생하지 않는 것으로 가정한다. 만약 30회 사용 후 염수를 폐기할 시는 고농도염수를 증발시켜 소금을 얻고 이를 판매하여 재결정 비용을 상쇄할 수 있을 것이다.

복리후생비는 인건비의 약 5%를 지출하는 것으로 가정하였다. 연간 복리후생비 총액은 24,012천원이다.

감가상각비는 트레일러 차량 및 트레일러의 제작비를 내구년수 10년으로 균등 분할하였다. 연간 감가상각비는 견인차량이 7,066천원, 절임트레일러가 24,467천원, 세척/포장트레일러가 14,200천원이다.

기타경비는 용지임차료, 작업자들의 여비(숙박비, 운임, 현지교통비 등)을 계상하였다. 용지임차료(전력 및 용수 사용료 포함)는 연간 24,000천원이고, 여비는 122,400천원(17명×3만원/일×20일×12월)이다.

절임 장비 가동 시 사용전력은 최대 77kw로 염수가열기 60kw, 배추이절기 2.0kw, 컨베이어 1.5kw, 소금용해조0.75kw, 염수펌프 7.5kw, 절임배추 밀기장치 4.4kw, 배추컨베이어 0.8kw가 각각 소요된다.

#### (바) 경상운영비 및 이윤

경상운영비는 판매비 및 관리비로서, 일반적인 관행에 따라 총원가에서 4%를 차지하는 것으로 가정하였다. 이윤은 사업 결과에 따라 가변적이지만, 여기에서는 판매가에서 2%를 차지하는 것으로 가정하였다.

### (2) 이동식 배추절임시스템의 제조원가

이동식 배추절임시스템의 절임배추 제조원가는 kg당 1,276원인 것으로 추산되었다. 원재료와 포장재를 포함한 재료비는 619.3원/kg으로서 원가의 49%(원재료비 46%)를 차지하였고, 인건비는 384.8원/kg으로서 원가의 30%를 차지하였다. 제조경비는 196.3원/kg으로서 원가의 15%로 나타났다.

농협의 절임배추 원가분석표와 비교해 보면, 재료비는 669원 대 619원으로서 이동식 절임의 원가가 7% 저렴했다. 배추의 원가는 같으나, 소금의 원가가 80원 대 29원으로 64% 절감되기 때문이다. 인건비는 325원 대 385원으로서 이동식 배추절임시스템의 인건비가 18% 더 소요될 것으로 보인다. 제조경비는 절임배추 1kg당 239원 대 196원으로서 이동식절임이 18% 저렴한 것으로 나타났다.

제조원가는 농협이 1,233원/kg에 비하여 이동식절임은 1,200원/kg으로서 2.7%의 차이가 있었다. 경상운영비와 이윤을 합산한 판매가격은 1,321원 대 1,276원으로서 이동식 절임이 3.4% 저렴한 것으로 나타났다.

표 22. 이동식 배추절임시스템의 절임배추 제조원가

	가격	수량	금액 (천원/년)	원가 (원/kg 절임배추)	비고
<b>&lt;재료비&gt;</b>					
배추	292 천원/톤	2,400 톤/년	700,800	561.5	수율 52%
천일염	383 천원/톤	94 톤/년	35,849	287	투입량 3톤, 30회 반복 사용, 10% 보충
케이블타이	52 원/매	48 천매/년	2,496	20	배추 50kg당 1매
라벨지	52 원/매	48 천매/년	2,496	20	배추 50kg당 1매
비닐	650 원/매	48 천매/년	31,200	250	배추 50kg당 1매
<b>소계 a</b>			<b>772,841</b>	<b>619.3</b>	<b>48.5%</b>
<b>&lt;인건비&gt;</b>					
사무직	36,675 천원/년	3 인	110,025	882	
생산직	26,444 천원/년	14 인	370,219	2967	운전기사 포함
<b>소계 b</b>			<b>480,244</b>	<b>384.8</b>	<b>30.2%</b>
<b>&lt;제조경비&gt;</b>					
소모품비	1,000 천원/월	12 월	12,000	96	
보험료	3,000 천원/년	2 대	6,000	48	
연료	1,654 천원/년	2 대	3,309	27	
통행료	156 천원/년	2 대	312	02	
수리비	3,600 천원/년	2 대	7,200	58	
복리후생비	480,244 천원/년	5 %	24,012	192	인건비의 5%
감가상각비 1	3,533 천원/년	2 대	7,066	57	차량, 10년 정액상각
감가상각비 2	24,467 천원/년	1 대	24,467	196	절임트레이러, 10년 정액상각
감가상각비 3	14,200 천원/년	1 대	14,200	114	세척/포장트레이러, 10년 정액상각
용지 임차료	100 천원/월	240 일	24,000	192	전력/용수 사용료 포함
종사자 여비	510 천원/월	240 일	122,400	981	30천원/일, 17인
<b>소계 c</b>			<b>244,965</b>	<b>196.3</b>	<b>15.4%</b>
<b>제조원가 d</b>			<b>1,498,050</b>	<b>1,200.4</b>	<b>94.1%, d=a+b+c</b>
경상운영비			62,419	500	e의 4%
<b>총원가 e</b>			<b>1,560,469</b>	<b>1,250.4</b>	<b>98.0%</b>
이윤			31,846	255	f의 2%
<b>합계 f</b>			<b>1,592,315</b>	<b>1,275.9</b>	<b>100.0%</b>

최근 3년간 절임배추 가격(소매 또는 직거래)의 추정된 평균값은 '11년 1,464원(1,200~1,900, 표본의 최소 및 최대값, 이하 같음), '12년 1,615원(1,250~2,400), '13년 2,160(1,750~3,273)원 등으로서 매년 평균 21.5% 인상되었던 것으로 나타났다. '13년을 기준으로 하면, 이동식 배추 절임시스템의 가격은 시장 평균값의 59%, 유통비용을 30% 감안하더라도 77% 수준으로서 가격 면에서 경쟁력이 있는 것으로 나타났다. 다만, 김치제조업체에 공급하는 경우에는 그러한

가격 차이는 더 좁혀질 것으로 예상된다.

표 23. 최근 3년간 절임배추 가격 평균

연도	가격(원/kg)	상승률	표준오차	95% 신뢰구간	
'11	1,464	-	102	1,254	1,674
'12	1,615	10.3%	85	1,440	1,790
'13	2,160	33.7%	209	1,732	2,589
연평균	-	21.5%	-	17.5%	24.4%

### 3. 이동식 배추절임시스템의 비용·편익 분석

#### 가. 시나리오 구성

##### (1) 할인율

프로젝트를 평가할 때 가장 중요한 작업 중의 하나는 할인율을 선정하는 것이다. 어떤 프로젝트 평가기법을 사용하든지간에 평가의 기초작업은 NPV를 계산하는 것이며, 그리고 모든 NPV는 적절히 선정된 할인율을 필요로 한다. 할인율은 미래에 받을 현금의 가치를 현재의 가치로 환산해 주는 도구다.

리스크가 거의 없는 것으로 판단이 내려질 경우에는 무위험할인율(risk-free interest rate)를 적용하면 되며, 굳이 리스크 프리미엄 요인을 고려해 줄 필요는 없다. 무위험할인율로 가장 많이 쓰이는 것은 국공채 할인율이다. 미국의 경우에는 대표적인 무위험할인율로 채무성채권의 금리가 사용된다. 하지만, 리스크가 존재하지 않는 사업은 거의 없으므로 대부분의 경우에는 리스크 프리미엄을 더해 주어야 한다. 리스크는 크게 사적 리스크(private risk)와 시장 리스크(market risk)로 구분된다. 프로젝트에 대한 투자가 집행되면서 현금흐름이 발생하는데, 이때 현금흐름에 리스크는 개별적으로 또는 시장에서부터 영향을 미칠 수 있다. 만일 리스크가 존재한다면, 시장 리스크인지 사적 리스크인지 아니면 두 리스크가 모두 다 영향을 미치는지 파악한 후, 시장 리스크인 경우에는 리스크를 적절히 조정한 리스크 조정 할인율을 적용한다.

사적 리스크는 평가대상인 프로젝트를 추진하는 기업의 조직 효율성에 주로 영향을 받으며, 시장 일반의 힘으로부터는 격리되어 있는 리스크다. 따라서 시장금리, 환율 등의 변동으로 말미암아 발생하는 리스크는 사적 리스크에 해당되지 않는다. 반면, 기업의 R&D나 설비투자에 관한 투자비는 사적 리스크의 대상이 된다.

투자자가 예측하거나 제어할 수 없는 리스크를 안고 사업을 해야 한다면 그만큼의 프리미엄이 무위험할인율에 더해져야 할 것이다. 즉, 위험조정할인율을 사용한다. 이상적으로는 각 프로젝트마다의 리스크를 계량화해서 그에 맞는 프리미엄을 구해야 한다. 하지만 객관적으로 프로젝트 리스크를 수치화하는 것이 쉽지 않기 때문에 대개의 경우에는 위험조정할인율을 결정할 때 약간의 주관성도 배제할 수 없다.

여기에서는 시중은행과 제2금융권(저축은행)의 기업 대출금리를 할인율로 사용하였다. 이동

식절임 프로젝트는 아직 사업화되지 않았고 대체로 가상의 자료들을 통해서 비용편익비율을 분석하는 것이므로, 위험조정할인을 또는 관련 업계의 기회비용 할인율(대체 투자처의 최고 수익률), 또는 사회적 할인율 등을 산정할 수 있는 자료가 부족하다. 따라서 금융 시장에서 통용되고 있는 금리를 대응하고자 한다.

한국은행의 “2013년도 연차보고서”에 의하면, 2013년도의 시중은행의 분기말 수신 금리는 최저 4.59%에서 최고 4.86% 수준이었다. 그리고 제2금융권의 기업 대출 금리는 8.59%에서 29.59%까지 범위가 매우 넓다. 여기에서는 사업 리스크가 낮은 경우에 대해 5%, 그리고 리스크가 높은 경우에 대해 10%의 할인율을 적용하고자 한다.

## (2) 판매실현율

앞서 이동식 배추절임시스템의 일간 배추 사용량을 10톤, 월간 가동일 수를 20일로 상정한 바 있다. 따라서 연간 배추 사용량은 2,800톤, 절임배추 생산량은 1,248톤(수율 52% 적용)이 된다.

그러나 사업 초기부터 이러한 목표 생산량을 100% 달성할 것이라고 가정하는 것은 매우 비현실적이다. 왜냐하면, 배추 산지와와의 네트워킹, 사업 운영 시스템의 안정화, 이동식 절임 설비의 기술적 완성도 향상, 안정적 판로의 확보 등 이 사업이 사업 초기에 해결해야할 과제가 산적해 있기 때문이다.

따라서 판매실현율이 제0년차에는 70%로 시작하여 매년 10% 씩 증가함으로써 제3년차(헷수로 4년차)부터 100%가 되는 것을 제1 가정으로 도입하고, 제0년차부터 100% 판매실현율을 달성하는 것을 제2 가정으로 도입하였다.

## (3) 판매가격

앞서 제조원가 분석에서 언급하였듯이, 이동식 배추절임시스템의 적정 판매가격은 절임배추 1kg당 1275.9원으로 나타났다. 그러나 최근 3년간(2011-’13)의 절임배추 시세를 조사해 본 결과, 이동식 배추절임시스템에 의해 생산된 절임배추의 가격이 시장 가격에 비해 다소 저렴할 것으로 판단되었다. 따라서 이동식 배추절임시스템의 원가분석에 의해 산출된 적정가격뿐만 아니라, 절임배추의 시장가격에 근접하는 가격으로 판매하는 경우를 시나리오에 도입할 필요가 있다.

여기에서는 절임배추 판매가격을 원가분석에 의해 산출된 적정가격 1,275.9원/kg으로 판매하는 경우를 시나리오에 반영하였고, 동시에 2013년 절임배추 시장가격 평균값의 95% 신뢰구간의 하한 값 1,732원/kg으로 판매하는 경우를 시나리오에 반영하였다.

## (4) 비용편익분석의 시나리오

할인율, 판매실현율, 판매가격 등 3개의 변수에 각각 2가지 가정을 도입하면 모두 8가지의 시나리오가 생성된다. 각각의 시나리오에 붙인 기호는, 할인율 5%에 대해서는 “L(Low)”, 10%에 대해서는 “H(High)”, 판매실현율의 현실적 가정(제3년차에 100% 도달)은 “1”, 이상적 가정

(제0년차부터 100% 달성)은 “2”, 원가분석에 의한 적정가격(1,275.9원)으로의 판매에 대해서는 “a”, 시장가격 평균 추정치의 95% 신뢰구간의 하한 값(1,732.0원)으로의 판매에 대해서는 “b” 등으로 표기하여 조합한 것이다.

표 24. 비용편익분석 시나리오

시나리오	할인율	판매실현율	판매가격
L1a	5%	현실적	1,275.9
L1b			1,732.0
L2a		이상적	1,275.9
L2b			1,732.0
H1a	10%	현실적	1,275.9
H1b			1,732.0
H2a		이상적	1,275.9
H2b			1,732.0

#### 나. 비용편익분석

비용편익분석 기간은 10년으로 정하였다. 왜냐하면 고정자산의 내구년수를 10년으로 하였기 때문에, 사업 주기를 10년으로 하는 것이 직관적으로 분석결과의 이해에 도움이 될 것으로 판단하였기 때문이다.

가격은 현재 평가된 가격이 변하지 않는다고 가정하였다. 엄밀하게는 가격의 미래값을 예측하여 사용하는 것이 바람직하지만, 현실적으로 모든 비목에 해당하는 물품들의 가격을 예측하는 것은 불가능하다.

이동식 절임사업의 비용은 제0년차에 20억 5,300만원, 제1년차부터 제9년차까지는 15억 1,500만원, 10년간 비용 합계는 156억 8,600만원이다.

표 25. 이동식 절임사업의 비용 흐름

비목	연차										합계	비율 %
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
배추	700.8	700.8	700.8	700.8	700.8	700.8	700.8	700.8	700.8	700.8	7008	44.7
천일엽	35.8	35.8	35.8	35.8	35.8	35.8	35.8	35.8	35.8	35.8	358	2.3
케이블타이	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	25	0.2
라벨지	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	25	0.2
비닐	31.2	31.2	31.2	31.2	31.2	31.2	31.2	31.2	31.2	31.2	312	2.0
사무직	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	1100	7.0
생산직	370.2	370.2	370.2	370.2	370.2	370.2	370.2	370.2	370.2	370.2	3702	23.6
소모품비	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	120	0.8
보험료	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	60	0.4
연료비	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	33	0.2
통행료	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	3	0.0
수리비	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	72	0.5
복리후생비	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	240	1.5
차량구입비	70.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	71	0.5
절임트레일러	296.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	296	1.9
세척/포장트레일러	171.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	172	1.1
용지임차료	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	240	1.5
종사자 여비	122.4	122.4	122.4	122.4	122.4	122.4	122.4	122.4	122.4	122.4	1224	7.8
경상운영비	62.4	62.4	62.4	62.4	62.4	62.4	62.4	62.4	62.4	62.4	624	4.0
합계	2053	1515	1515	1515	1515	1515	1515	1515	1515	1515	15686	100.0
비율 %	13.1	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	100.0	-

단위: 백만원

이동식 절임 사업의 편익은 판매수입에 의해 좌우된다. 배추의 주산지를 순회하면서 절임배추를 생산하므로, 산지의 배추 작황에 대한 정보를 잘 알 수 있다. 따라서 배추 산지의 작황 및 가격 정보를 원물 배추의 유통사업도 사업영역에 포함하게 되면 편익을 증대시킬 수도 있으나 여기에서는 고려하지 않았다.

“판매수입 1a”는 판매실현율이 제0년차에 70%, 제1년차에 80%, 제2년차에 90%, 제3년차부터 제9년차까지 100%이고, 원가분석에 의해 산출된 적정 가격 1,257.9원/kg으로 절임배추를 판매하는 경우의 판매수입으로서 총 편익은 149억 6,800만원이다.

“판매수입 1b”는 판매실현율이 제0년차에 70%, 제1년차에 80%, 제2년차에 90%, 제3년차부터 제9년차까지 100%이고, 2013년도의 절임배추 시장가격 평균값 추정치의 95% 신뢰구간의

하한값 1,732원/kg으로 절임배추를 판매하는 경우의 판매수입으로서 총 편익은 203억 1,800만 원이다.

“판매수입 2a”는 판매실현율이 제0년차부터 제9년차까지 모두 100%이고, 원가분석에 의해 산출된 적정 가격 1,257.9원/kg으로 절임배추를 판매하는 경우의 판매수입으로서 총 편익은 159억 2,300만원이다.

“판매수입 2b”는 판매실현율이 제0년차부터 제9년차까지 모두 100%이고, 2013년도의 절임배추 시장가격 평균값 추정치의 95% 신뢰구간의 하한값 1,732원/kg으로 절임배추를 판매하는 경우의 판매수입으로서 총 편익은 216억 1,500만원이다.

표 26. 이동식절임사업의 편익 흐름

편익	연차										합계	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
판매수입 1a	1115	1274	1433	1592	1592	1592	1592	1592	1592	1592	1592	14968
판매수입 1b	1513	1729	1945	2162	2162	2162	2162	2162	2162	2162	2162	20318
판매수입 2a	1592	1592	1592	1592	1592	1592	1592	1592	1592	1592	1592	15923
판매수입 2b	2162	2162	2162	2162	2162	2162	2162	2162	2162	2162	2162	21615

단위: 백만원

비용과 편익의 현재가치(Present Value, PV)는 앞서 설명한 8가지의 시나리오에 대하여 계산하였다. 각 시나리오에 대해 붙인 기호에서 “L(Low)”은 할인율 5%, “H(High)”는 할인율 10%, “1”은 판매실현율이 제3년차부터 100%에 도달하는 상황을, “2”는 판매실현율이 제0년차부터 제9년차까지 모두 100%인 상황을, “a”는 판매가격이 원가분석에 의한 적정가격(1,275.9원)인 경우를, 그리고 “b”는 판매가격이 시장가격 평균 추정치의 95% 신뢰구간의 하한 값(1,732.0원)인 경우를 각각 의미한다. 예컨대, “L1a”는 할인율이 5%이고, 판매실현율이 제0년차에는 70%, 제1년차에는 80%, 제2년차에는 90%, 제3년차부터 제9년차까지는 100%인 구조를 갖고, 판매가격은 1,275.9원/kg인 경우를 의미한다.

비용의 PV는 “비용\_L”이 128억 2,000만원, “비용\_H”가 107억7,700만원으로서 할인율이 낮은(5%)인 경우 비용의 PV가 크다.

편익의 PV는 할인율이 5%(L)일 때 “편익\_L2b”가 175억2,500만원으로서 가장 컸고, “편익\_L1a”는 119억8,500만원으로서 가장 적었다. 할인율이 10%(H)일 때 편익의 PV는 “편익\_H2b”가 146억1,000만원으로서 가장 컸고, “편익\_H1a”는 98억6,400만원으로서 가장 적었다.



표 27. 시나리오별 비용-편익비율과 순현재가치

구분		연차										PV	BCR	NPV
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
비용	L	2053	1443	1374	1308	1246	1187	1130	1076	1025	976	12820	-	-
편익	L1a	1115	1213	1300	1376	1310	1248	1188	1132	1078	1026	11985	0.935	-835
	L1b	1513	1647	1765	1867	1778	1694	1613	1536	1463	1393	16269	<b>1.269</b>	<b>3449</b>
	L2a	1592	1516	1444	1376	1310	1248	1188	1132	1078	1026	12910	<b>1.007</b>	<b>91</b>
	L2b	2162	2059	1961	1867	1778	1694	1613	1536	1463	1393	17525	<b>1.367</b>	<b>4706</b>
비용	H	2053	1377	1252	1138	1035	941	855	777	707	642	10777	-	-
편익	H1a	1115	1158	1184	1196	1088	989	899	817	743	675	9864	0.915	-913
	H1b	1513	1572	1608	1624	1476	1342	1220	1109	1008	917	13390	<b>1.242</b>	<b>2613</b>
	H2a	1592	1448	1316	1196	1088	989	899	817	743	675	10763	0.999	-14
	H2b	2162	1965	1786	1624	1476	1342	1220	1109	1008	917	14610	<b>1.356</b>	<b>3833</b>

주: 비용, 편익, NPV의 단위는 백만원, “구분”의 기호는 시나리오의 약칭이고, “BCR”은 편익-비용 비율(Benefit-Cost Ratio), “NPV”는 순현재가치(Net Present Value)

편익-비용 비율(BCR)은 시나리오 L2B에 대해 1.367로서 가장 높았고, 시나리오 H1a에 대해 0.915로서 가장 낮았다.

사업 타당성의 평가 기준인 “ $BCR \geq 1.0$ , 즉  $NPV(\text{Net Present Value}) \geq 0$ ”을 충족하는 시나리오 총 8개의 시나리오 중 5개로 나타났다.

사업 타당성이 기각되는 세 가지 경우는, L1a( $BCR=0.935$ ,  $NPV=-835$ 백만원), H1a( $BCR=0.915$ ,  $NPV=-913$ 백만원), H2a( $BCR=0.999$ ,  $NPV=-14$ 백만원) 등이었다. BCR과 시나리오 변수들 간의 함수관계를 상수항 없는 통상적 최소제곱(Ordinary Least Square, OLS) 모형으로 추정된 결과, 할인율이 높을수록 BCR은 낮아지고, 판매실현율 구조가 이상적(조기에 100% 달성)일수록, 그리고 판매가격이 높을수록 BCR도 높아지는 것으로 나타났다. 이들 변수 가운데 BCR에 가장 강한 영향을 미치는 것은 판매가격이고 그 다음은 판매실현율이다.

할인율은 사업 조직의 역량과 효율성, 재무적 건전성과 신뢰도, 시장 리스크의 강도 등 사업 주체의 내부 역량과 주변 환경에 의해 좌우된다고 할 수 있고, 판매실현율은 제품의 완성도, 제품에 대한 소비자 수용성, 효과적 마케팅 전략 등에 의해 영향을 받을 수 있다. 판매가격도 이동식 배추절임시스템이 사업화 되었을 때 실현된 비용에 의해 지배되며, 수요자와의 협상력에 의해 결정될 것이다.

표 28. 시나리오 요인과 BCR의 관계

변수	파라미터	표준오차	t값	P>t	[95% 신뢰구간]	
할인율	-0.004597	0.001890	-2.43	0.059	-0.0095	0.0003
판매실현율	0.085514	0.009449	9.05	0.000	0.0612	0.1098
판매가격	0.000698	0.000012	56.69	0.000	0.0007	0.0007

N=8, R-squared=0.999

시나리오를 구성하는 이들 세 가지 변수 가운데 어느 것 하나도 현재 확정적인 것은 없기 때문에, 이동식 절임 사업의 타당성을 단정 지을 수는 없다. 그러나 8가지 시나리오 가운데 5가지(62.5%) 시나리오에 대해 사업타당성을 인정하는 BCR(NPV) 값이 산출된 것을 볼 때, 결론적으로 이 사업은 재무적 관점에서 타당성을 갖는다고 할 수 있다.

## 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

### 제1절 연도별 연구개발목표의 달성도

생산성 향상을 위한 김치제조 공정용 가공 플랜트 기반기술 개발과제의 목적은 김치제조업의 생산성을 향상시키기 위하여 소규모 김치 제조공정에 적합한 배추 연속절임 자동화 기술과 장비를 개발하고 절임염수를 재사용 할 수 있는 절임염수의 친환경 재처리기술 및 장치를 개발하여 이들을 트레일러 상에 안전하게 탑재할 수 있는 이동식 배추절임장치의 자동화 기술과 장비를 개발하여 이동식 배추절임 트레일러를 제작하는 것이다. 그리고 이 장비를 배추 산지에서 시운전하여 절임배추를 위생적으로 생산할 수 있는 품질관리 표준처리절차(SOP)와 양념소넣기 자동화 기술을 개발하는 것이다. 앞 장에서 보고한 결과와 같이 본 과제의 최종목표는 100% 달성하였고, 각 세부과제별 연구개발 목표에 대한 목표 달성도도 모두 100% 라고 판단되며 각 연구개발 수행내용에 대한 달성 내역은 다음과 같다.

세부 연구개발 목표	연구개발 수행내용	달성도 (%)
<세부1> ○ 소규모 김치 제조공정의 자동화 기술 및 장비 개발 - 배추 연속절임 자동화 기술 및 장비 개발 - 이동식 배추절임장치 자동화 기술 및 장비 개발 - 양념소넣기 자동화 기술 개발	○ 소규모 김치 제조공정의 자동화 기술 및 장비 개발 - 배추를 4시간에 절이는 연속절임 자동화 기술 및 24시간에 20톤의 절임배추를 생산하는 장비 개발 - 이동식 배추절임 트레일러 장치의 자동화 기술 및 트랙터 견인식 이동절임 트레일러 장비의 개발 - 양념소넣기 자동화 기술 조사 분석 및 기술특성분석으로 개발방향 제시	100
<위탁> ○ 절임염수 재사용 방법 및 친환경 처리기술 개발 - 고가의 염수 필터장치 대체 기술 및 장치의 개발 - 트레일러에 설치 가능한 소규모 염수재처리 장치 개발	○ 절임염수 재사용 방법 및 친환경 처리기술 개발 - 전기화학반응식 염수재처리 기술 개발 및 1일 10톤 규모의 처리 장치 개발 - 전기화학반응식 염수재처리 장치를 트레일러에 설치하고 시운전 함	100
<협동> ○ 절임배추의 위생 및 품질 관리를 위한 표준처리 절차를 위한 표준처리 절차 개발 - 품질관리: pH, 총산, 대장균, 식중독균, 총균수, 유산	○ 절임배추의 위생 및 품질 관리를 위한 표준처리 절차 개발 - 절임배추의 품질규격(안)을 pH, 총산, 대장균수, 총균수, 유산균수, 관능검사를 품질지표로 개발	100

<p>균수, 관능검사 등</p> <p>- 위생관리: 자동화 장치의 위생관리 방안 마련</p>	<p>- 이동식 배추절임 자동화 장비 및 양념소 넣기 장비의 품질위생관리 매뉴얼 개발</p>	
<p>&lt;세부2&gt;</p> <p>o 김치제조 자동화장비의 투자 대비 경제성 규명</p> <p>- 배추 및 절임배추의 생산 유통 현황 조사</p> <p>- 이동식 절임시스템의 절임 배추 제조원가 분석</p> <p>- 이동식 절임시스템의 비용 편익분석</p>	<p>o 김치제조 자동화장비의 투자 대비 경제성 규명</p> <p>- 배추 및 절임배추의 생산 유통 현황 조사</p> <p>- 절임트레일러 및 세척트레일러를 1조로 하는 이동식 절임시스템의 절임배추 제조원가 분석</p> <p>- 이동식 절임배추 산지생산 시스템의 비용편익분석</p>	<p>100</p>

### 1, 소규모 김치 제조공정의 자동화 기술 및 장비 개발

배추절임공정의 생산성 향상을 위하여 배추 연속절임 자동화 기술을 개발하고 소규모 장비로 제작하여 트레일러 상에 설치하였다. 배추 연속절임 자동화 기술 및 장비 개발은 배추를 4시간 이내에 연속으로 절이는 기술을 개발하고 배추 연속절임장비의 자동화공정을 설계한 다음, 배추 투입장치, 배추 2절기와 경사컨베이어, 2절배추 투입장치와 수평컨베이어, 배추절임조, 염수 주입과 배출 장치, 절임배추 건짐컨베이어, 절임배추 밀기장치, 절임배추 이송컨베이어를 설계하고 1일 20톤의 절임배추를 생산하는 규모로 제작하여 트레일러 상에 설치하고 2013년 5월에 1차 시운전하여 연구개발 수행내용을 100% 달성하였다고 판단되었다.

이동식 배추절임 트레일러를 개발하기 위하여 배추연속절임 자동화장비를 이동식 평트레일러의 중앙과 후단부에 설치하였고, 무게중심을 낮추기 위하여 염수회수조를 하부에 설치하였으며, 회전이동시 전복되지 않도록 염수재처리장치를 트레일러의 앞부분에 설치하였다. 제작한 이동식 배추절임 트레일러를 2013년 12월에 화성 제작현장에서 2차 시운전하고 염수회수조에 염수 7톤을 채운 상태로 트랙터로 견인하여 2014년 1월 초에 전라남도 해남으로 시속 80km로 이동하면서 이동 중에 트레일러 절임장비의 변형과 안정성을 관찰한 결과, 염수회수조의 용접부위가 틈이 생기면서 염수가 소량 누출되었으나 전체 기계설비는 안정하였다. 즉 염수재처리장치를 트레일러의 앞부분에 설치하고 염수회수조를 하부에 설치하여 무게중심을 앞으로 하고 낮춘 것이 이동시 안전에 문제가 없음이 증명되었고, 트레일러를 트랙터에 결합하여 이동을 준비하는데 2시간, 이동하여 가동상태로 설치하는데 2시간이 소요되어 연구개발 수행내용을 100% 달성하였다고 판단되었다.

참여기업인 해남배추(주) 마당에 트레일러를 고정 설치하고 2014년 2월 중순에 수확한 월동 배추로 산지에서 3차 시운전하여 배추연속절임 자동화장비의 절임배추 생산 공정 조건을 최적화하였다. 즉 배추절임조A에 1.8톤의 절단배추가 자동으로 30분 만에 투입되고 덮개를 덮어 고정시킨 다음 30℃의 고농도염수(30%w/v)를 주입하여(5분소요) 50분간 침지하였다가 냉각되고 끓여진 염수를 배출시키고(5분소요) 다시 30℃의 고농도염수를 주입하여 절였다. 염수의 주입과 침지 배출을 4회 반복(4시간)하고 절여진 배추를 건짐컨베이어와 배추밀기장치를 이용하여

자동으로 배출하였으며, 배추의 투입에서 절임배추의 배출까지 총 5시간이 소요되었다. 트레일러 상에 설치된 배추절임조A, B, C, D 4개를 1시간 간격으로 순차적으로 작동시켜 연속 가동하면 1일 24시간에 4반복씩 가능하므로 4개의 절임조에서 총 28.8톤의 배추를 절여서 절임배추를 20톤(절임수율 70%가정) 생산할 수 있는 것으로 평가되었다. 통합공정을 최적화하기 위하여 2014년 4월 초에 전체 연구진이 합동으로 4차 시운전을 하였다. 세부1은 배추절임장비의 최적운전조건을 설정하였고, 위탁은 염수재처리장치의 운전조건을 설정하였으며, 협동은 절임배추의 품질을 평가하였으며, 세부2는 경제성분석 자료를 확보하여 연구개발 수행내용을 100% 달성하였다고 판단되었다.

양념소넣기 자동화 기술 개발은 양념소넣기 장비의 현장 운용실태와 특허를 조사하여 자동화 기술을 교반식, 회전식, 분사식, 침지식 및 바름식으로 분석하고, 경사교반식 양념소넣기 장치와 수평교반식 양념소넣기 장치를 시험하여 특성을 분석하고 양념소넣기 자동화장비의 개발 방향을 제시하였으며, 2014년 5월에 G김치공장에서 교반식 양념소넣기 자동화장비로 생산한 김치의 품질을 평가한 결과 수작업으로 제조한 김치와 차이가 없음을 확인하여 연구개발 수행내용을 100% 달성하였다고 판단되었다.

## 2. 절임염수의 재사용 방법 및 친환경 처리기술 개발

절임염수의 재사용 방법 및 친환경 처리기술을 개발하기 위해 기존의 처리기술을 비교 분석하였고, 김치공장에서 사용하는 절임염수의 특성을 분석하였으며, 전기화학방식으로 30회 재사용하는 시험을 통해 염수재처리 시스템을 바스켓필터, 전기화학처리조, 활성탄 여과, 마이크로필터 순으로 공정을 설계하였다. 그리고 이들 시스템을 트레일러의 제한된 공간에 설치하기 위해 부품을 개발하고 레이아웃을 재설계하여 집적 설치하고 해남 월동배추 산지로 이동하여 절임배추 생산현장에서 시운전하였다. 시운전 결과 시간당 2톤 처리규모로 절임염수를 처리하여 절임염수의 염도, pH, 산도, COD 및 미생물의 품질을 재사용 가능한 수준으로 유지할 수 있었으며, 잔류염소 발생 농도를 10~20 mg/L로 유지하는 경우 소비 전력량이 평균 0.31 kWh/m<sup>3</sup>로 최소화되어 경제성이 있음을 확인하여 연구개발 수행내용을 100% 달성하였다고 판단되었다.

## 3. 절임배추의 위생 및 품질 관리를 위한 표준처리절차 개발

절임배추의 위생 및 품질 관리를 위한 표준처리절차를 개발하기 위하여 HACCP 기준에 맞는 절임배추의 품질규격(안)을 pH, 총산, 대장균군수, 병원성미생물, 총균수, 유산균수 및 관능검사의 규격(안)으로 설정하였고, 이러한 규격(안)에 적합한 절임배추를 생산할 수 있는 이동식 배추 자동절임장비 및 염수재처리 장비의 설계기준을 개발하였으며, 개발된 이동식 배추 자동절임장비 및 염수재처리 장비의 현장 시운전을 통하여 생산한 절임배추의 품질을 pH, 총산, 대장균군수, 병원성미생물, 총균수, 유산균수로 측정하고, 김치를 제조하여 관능평가한 결과 이화학적 및 미생물학적 수치가 절임배추의 품질규격(안)에 적합하였고, 이동식 배추절임트레일러로 절임배추로 김치를 제조하여 통상의 김치공장에서 절임배추로 담근 김치와 5주간 품질을 평가한 결과 동등 이상이었다. 그리고 이동식 배추 자동절임장비, 염수재처리장비 및 양념소넣기 자동화장비의 현장 시험을 통하여 김치의 위생·품질관리 표준처리절차(SOP)를 개발하여 연구

개발 수행내용을 100% 달성하였다고 판단되었다.

#### 4. 김치제조 자동화 장비의 투자대비 경제성 규명

김치제조 자동화 장비의 투자대비 경제성을 규명하기 위하여 비용·편익분석(Cost-Benefit Analysis)을 이용하여 김치제조 자동화 장비의 경제성을 분석하였다. 김치제조 자동화 장비는 이동식 배추절임시스템으로 절임트레일러와 세척 트레일러로 구성된 이동식 배추절임시스템이므로 이 시스템을 1년간 240일 가동할 경우 생산 가능한 절임배추의 양을 추정하고, 이를 통해 이동식 배추절임시스템에 소요되는 비용을 산정하였고, 비용은 시설비, 설비비, 재료비, 인건비, 제조경비, 경상운영비 등이 포함되어 있다. 편익은 이동식 배추절임시스템으로 생산한 절임배추의 판매가격 분석을 통해 산정하였다. 비용·편익분석은 산정된 값을 바탕으로 할인율(할인율 5%, 할인율 10%), 판매실현율(제3년차에 판매량 100% 도달, 제0년차부터 판매량 100%달성), 판매가격(적정가격 1,275.9원, 시장가격 평균 추정치의 하한 값 1,732.0원)에 각각 2가지 가정을 도입하여 총 8가지 시나리오에 대해서 분석하였으며 분석기간은 10년으로 하였다. 총 8개의 시나리오에 대한 비용·편익분석의 결과는 편익-비용 비율이 최저 0.915에서 최고 1.367로 나타났으며, 사업 타당성 평가 기준인  $BCR \geq 1.0$ 을 충족하는 시나리오는 총 8개의 시나리오 중 5개로 나타났고, 재무적 관점에서 타당성을 갖고 있다고 평가되어 연구개발 수행내용을 100% 달성하였다고 판단되었다.

## 제2절 관련분야에의 기여도

김치산업은 노무비가 제조원가의 20-30%를 차지하는 대표적인 노동집약적 산업으로 선진산업으로 발전하기 위해서는 생산성 향상이 필요하다. 본 과제에서는 배추연속절임기술과 자동화 장비를 개발하고, 전기화학반응식 염수재처리 기술과 장비를 개발하여 배추절임공정의 생산성 향상에 기여하였고, 이들을 트레일러에 탑재하여 배추 산지를 따라 이동하면서 절임배추를 생산할 수 있는 기술과 장비를 개발하여 배추유통 분야의 생산성 향상에 기여하였으며, 양념소녕기 공정의 자동화 기술을 개발하여 김치공장의 노동생산성 향상이 기여할 기반을 마련하였다. 염수재처리 기술과 장비는 이동식 배추절임뿐만 아니라 고정식 김치공장에도 폭넓게 적용할 수 있어서 김치공장의 폐수처리 부분에도 기여할 수 있다. 또한 개발한 절임배추의 품질규격(안)은 정책자료로 활용할 수 있을 것이고, 현장 시운전을 통한 이동식 배추절임 자동화 장비의 품질위생 관리 매뉴얼은 소규모 절임배추 생산 현장에도 적용할 수 있을 것이다. 그리고 이동식 배추절임 자동화 장비의 투자 대비 경제성 규명은 신기술의 사업성 검토 분야에 기여할 수 있을 것이다.

### 가. 김치산업의 노동생산성 향상에 기여

공장김치 생산이 증가하고 있으나 아직도 배추절임이 1일 1회에 머물러 있고, 양념소녕기 공

정 등이 수작업에 의존하고 있으나 배추연속절임 기술과 자동화 장비를 개발하여 이들 공정을 혁신하고 자동화하여 노동생산성과 자본생산성 향상에 기여할 수 있다.

나. 김치의 품질표준화를 위한 제조공정 관리기술 개발에 기여

국산 김치의 품질이 중국산보다 우수하다고 하나 제조 시마다 품질편차가 커서 유의성 있는 품질차별화가 어려운 바 배추 절임공정을 기계화하여 공장김치의 품질을 일정한 범위 내에서 균일하게 관리하는 분야에 기여할 수 있다.

다. 중국산김치에 대한 가격경쟁력 회복전략에 기여

노무단가의 상승으로 한국산 김치의 가격이 중국산보다 높아 중국산 김치의 수입이 매년 4만 톤씩 늘어나고 있으나 이동식 배추절임 시스템을 사업화하여 김치의 제조원가를 낮추면 중국산 김치와의 가격경쟁력 회복에 기여할 수 있다.

라. 절임염수 재사용 방법 및 친환경 처리기술 개발에 기여

김치 제조 공정은 다량의 소금과 용수를 소비하는 과정으로서 절임염수 및 세척수를 생산라인에 재사용하여 생산단가를 줄임과 동시에 염분으로 인한 난분해성 폐수 발생의 절감에 기여할 수 있다.

마. 신사업 개발로 신규 일자리 창출에 기여

김치공장의 절임공정은 3D 업종으로 청년들이 기피하여 외국인 노동자들이 담당하고 있으나, 이를 기계화하고 자동화한 이동식 절임배추 생산시스템은 3C 업종으로 발전되었고 사업성이 높으므로 새로운 일자리 창출에 기여할 수 있다.

## 제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

### 제1절 특허 등 지식재산권 확보 성과

#### 1. 특허 확보

##### 가. 등록 특허

- (1) 염수순환식 자동배추절임장치(등록번호10-1347475)를 기본특허로 등록하여 고농도 염수로 고온에서 단시간 절이는 기술과 장비를 확보함
- (2) 침탈식 배추자동절임장치(등록번호10-1347429)를 보완특허로 등록하여 고농도 염수로 고온에서 단시간 절이는 기술과 장비의 적용범위를 확대함

##### 나. 특허출원

- (1) 침지식 김치 양념소냉기 장치(출원번호10-2013-0124683)를 침지방식의 기본특허로 출원함
- (2) 배추김치 양념소냉기 장치(출원번호10-2014-0095743)를 회전방식의 기본특허로 출원함

#### 2. 논문 발표

##### 가. 세미나 및 심포지엄 발표

- (1) 한응수: 한국 김치산업의 현황과 생산성 향상 방안, 경상대학교 최고농업경영자 과정 농산물가공 전공 강의( 2013. 8. 30. 경상대학교)
- (2) 한응수: 김치공장의 생산성향상을 위한 가공공정 개선, 경상대학교 최고농업경영자 과정 농산물가공 전공 강의( 2014. 9. 5. 경상대학교)
- (3) 한응수: 생산성향상을 위한 김치제조 자동화장비 활용, 세계김치연구소 김치생산현장전문가양성 프로그램 강의(2014. 9. 19. 서울 DMC)

##### 나. 논문발표

한국식품과학회, 한국식품영양과학회, 한국물환경학회 등에 생산성 향상을 위한 이동식 배추 절임장비의 운전조건 등 15 편의 논문 발표함.



번호	논문제목	발표학회(일자)	저자
1	이동식 배추절입을 위한 자동화 장비개발	한국식품영양과학회 (2012. 11)	한응수, 서은진, 정영배, 이상일, 양지희, 이은실
2	생산성 향상을 위한 이동식 배추절입장비의 운전조건	한국식품영양과학회 (2013. 11)	한응수, 서은진, 정영배, 이상일, 양지희
3	배추절입용 염수의 재사용 횟수에 따른 품질특성 변화	한국식품영양과학회 (2013. 11)	서은진, 한응수, 정영배, 이상일, 양지희
4	Development of automatic equipment for mobile kimchi cabbage salting	한국식품과학회 (2013. 08)	한응수, 서은지, 정영배, 양지희, 이상일, 이은실
5	Quality characteristics of baechu kimchi made with automatic stuffing machine	한국식품과학회 (2014. 08)	류정표, 정영배, 양지희, 이상일, 한응수
6	Quality characteristics of baechu kimchi salted with mobile automatic salting equipment	한국식품영양과학회 (2014. 10)	류정표, 정영배, 양지희, 이상일, 한응수
7	전기화학적 처리에 의한 절입염수의 살균 효율 평가	한국화학공학회 (2013. 04)	정희숙, 이은실, 김우현
8	절입염수 재사용 방법 및 친환경처리기술 개발 연구	한국공업화학회 (2013. 05)	이은실, 정희숙, 김우현
9	절입염수 재사용 방법 및 친환경처리기술 개발	대한환경공학회 (2013. 06)	이은실, 정희숙, 김우현, 김호
10	Evaluation of electrochemical oxidation characteristics of organic acid according to current density and pH	WCCE9 & APCCChE2013 (2013. 08)	정희숙, 이은실, 김우현
11	절입염수 재사용 방법 및 친환경처리기술 개발	폐기물자원순환학회 (2013. 11)	이은실, 정희숙
12	고농도 절입염수의 재사용 기술 연구	물환경학회 (2014. 03)	이은실, 정희숙
13	식품공정의 고농도 염수 재사용 기술 연구	한국화학공학회 (2014. 04)	이은실, 정희숙
14	고농도 절입염수 재사용방법 및 친환경처리기술 연구	한국폐기물자원순환학회 (2014. 05)	이은실, 정희숙
15	전기화학적 잔류염소 발생 및 흡착에 의한 제거특성 연구	한국폐기물자원순환학회 (2014. 05)	이은실, 정희숙

다. 논문게재

- (1) 이동식 자동절입장치로 절인 배추김치의 품질특성, 한국식품영양과학회지, 심사중
- (2) 양념소넣기 자동화장치로 제조한 배추김치의 품질특성, 한국식품영양과학회지, 심사중
- (3) 배추김치 양념소넣기 자동화 기술 및 장치, 식품과학과 산업, 게재예정(2014. 9)
- (4) 전기화학적 처리에 의한 배추절입염수 재사용 기능성 평가, 대한상하수도회지, 게재예정(2014. 10. 15)

3. 시작품 및 매뉴얼 제작

가. 배추 연속절입장비 1식

- 나. 이동식 배추절임장비 1식
- 다. 염수재사용장치 1식
- 라. 절임배추 및 김치 품질위생관리 표준처리절차 매뉴얼 1건

## 제2절 실용화 · 산업화 · 홍보 계획

### 1. 실용화

가. 배추 연속절임장비는 참여기업인 라이스코리아에서 신규 김치(절임)공장 설치 시에 기술 실시를 하여 상품화할 계획임.

나. SMK 제작 및 기술마케팅 실시

(1) Sales Material Kit(SMK)로 기술소개서와 홍보동영상을 제작하여 라이스코리아 등 김치(절임)공장 설비업체에 기술마케팅을 추진하여 상품화 할 계획임.

(2) 이동식 배추절임기술은 중견 김치업체인 P사와 기술이전 및 장비상품화 협의 중.

### 2. 산업화

이동식 배추절임기술은 벤처기업인 H사에서 사업성 검토 중.

### 3. 정책자료 활용

이동식 배추절임 시스템은 산지유통인의 배추에 대한 계약재배 이행률을 높일 수 있는 시스템으로 평가되어 정책자료로 활용계획임.

### 4. 언론홍보

가. 이동식 배추절임 트레일러장비를 시운전하였고 그 내용을 언론에 홍보함.

번호	제목	일자	언론사	비고
1	이동식 배추절임 트레일러 개발 성공	2014. 2. 14	푸드투데이	
2	‘절임시간 1/3로 단추’ 이동식 배추절임 트레일러 개발	2014. 2. 26	하임뉴스	
3	김치, 배추산지 따라 이동하면 담근다	2014. 2. 15	헤럴드경제	
4	이동식 배추절임 트레일러 국내 첫 개발	2014. 2. 17	연합뉴스	
5	이동식 ‘배추절임 트레일러’ 하루 30톤 거뜰	2014. 2. 17	식품음료신문	
6	김치연구소, 이동식 배추절임 트레일러 국내 첫 개발	2014. 2. 17	세계일보	
7	“배추 절이는 시간 1/3로” 이동식 절임 트레일러 개발	2014. 2. 20	한국농어민신문	

나. Cost-saving mobile automatic cabbage-salting trailer technology가 국가과학기술연구회에서 2014 정부출연연구기관 우수기술로 선정되어 UKC에서 책자와 동영상으로 홍보 마케팅함(2014.8.6.-9, 미국 시카고)

### 제3절 추가연구, 타연구에 활용 계획

#### 1. 추가연구 계획

가. 연구개발 실용화 사업으로 추진 계획

- (1) 이동식 배추절임 트레일러 장비의 실용화를 위해 배추투입 단계와 절임배추 세척 단계를 추가연구하여 완성도를 높일 계획임.
- (2) 배추투입 단계는 트레일러 상자에 5포기씩 담긴 배추를 배추투입구에 자동으로 쏟아주는 장비로 소규모 이동식으로 제작하여 일반차량이 견인할 수 있도록 설계제작 예정.
- (3) 절임배추 세척단계는 이동식 배추절임 트레일러와 나란히 설치되어 배추절임 트레일러에서 이송된 절임배추를 세척, 정선, 탈수, 냉각 포장하여 출하하는 이동식 세척 트레일러로 개발 예정.

#### 2. 타연구에 활용계획

가. 활용방안

- (1) 과학기술 기반 채소류 수급유통 고도화 사업의 배추수급유통 연구에 활용.
- (2) 이동식 절임배추 생산시스템은 배추산지 유통인이 벤처기업화 할 수 있음.

나. 기대성과 - 기술적 측면

- (1) 김치산업의 생산성 향상으로 국제경쟁력 강화.
- (2) 김치 제조공정의 기계화 및 자동화 기술 개발로 김치의 제조원가 절감.
- (3) 김치제조 기계설비 제작기술 개발로 김치제조 기계설비산업 발전.

다. 기대성과 - 경제적 측면

- (1) 이동식 배추 연속절임 장비의 실용화로 절임배추의 생산성을 5배 향상시켜 김치제조원가를 10% 이상 절감.
- (2) 양념소넣기 자동화기술 개발로 김치공장의 노무비를 50% 절감.
- (3) 김치 생산기계 제조 장비 제조업을 신성장산업으로 발전시킴.
- (4) 절임배추의 안정적 공급시스템 구축으로 김치 산업 활성화 기반 마련.

## 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

본 연구 과제를 수행하는 지난 2년 동안 과제와 관련하여 해외출장을 다녀온 적이 없으며 수집된 해외과학기술 정보가 많지 않다.

김치가 대한민국의 대표적인 전통식품으로 해외에서 기술을 도입할 만큼 발전된 기술이 많지는 않으나, 관련 단위 기계장비와 시스템은 벤치마킹할 것들이 있을 것으로 판단된다.

알려진 바에 의하면 미국에서 밀이나 땅콩 등을 산지를 따라 이동하면서 수확하여 1차 가공하는 이동식 산지 가공 시스템이 운영되고 있고 이러한 시스템을 연구하여 배추의 산지절임 시스템을 고도화하는 연구에 적용할 수 있을 것이다.

그리고 김치를 절단하는 자동화 절단기계가 어설사에서 판매하고 있으나 가격이 비싸서(약 1.5억원) 국산화 연구가 필요하다.

## 제 7 장 연구시설·장비 현황

### 제1절 개발한 연구시설·장비 현황

#### 1. 배추 연속절임장비

##### 가. 장비 전체사진



그림 169. 배추 연속절임장비(사용전)



그림 170. 배추 연속절입장비(운전 중)

나. 장비 구성요소와 규격

장비구성요소	규격	비고
배추절입조A	1040×4140×1610	SUS304
배추절입조B	1040×4140×1610	SUS304
배추절입조C	1040×4140×1610	SUS304
배추절입조D	1040×4140×1610	SUS304
배추절입조덮개4	880×1650×120	SUS304
배추호퍼	2000×1500×1400	SUS304
배추이절기	300×500×900	SUS304
경사컨베이어	600×3500×1900	FRP
수평컨베이어	400×9200×1800	FRP
배추분급장치	600×450×1000	SUS304
배추건짐컨베이어	860×2000×400	SUS304
배추밀기장치	φ 40×4200×2.2	SUS304
절입배추이송컨베이어	600×4000×300	FRP
염수회수조	2400×8000×800	SUS304
염수배출배관4	80A(φ 69.1)	SUS304
솔레노이드밸브8	80A 자동	SUS304
염수공급배관4	80A(φ 60.5)	SUS304
염수공급펌프	1LB/min	SUS304
컨트롤패널A	4000×250×1500	컨베이어작동용
컨트롤패널B	200×250×150	염수자동순환용

2. 이동식 배추절입장비

가. 장비 전체사진



그림 171. 이동식 배추절임 장비(설치)



그림 172. 이동식 배추절임 장비(이송)

나. 장비 구성요소와 규격

장비구성요소	규격	비고
트레일러	2500×13000×1400	
배추철입조4	1040×4140×1610	SUS304
염수회수조	2400×8000×800	SUS304
염수재처리장치	2ton/h	SUS304
절임트레일러외장천막	2460×13000×2600	PP
작업자받침대2	800×13000×20	SUS304

3. 염수재사용 장치

가. 장비 전체사진



그림 173. 염수재사용 장치

나. 장비 구성요소와 규격

장비구성요소	규격	비고
염수제조장치	800×1800×1000	SUS304
염수공급펌프	2CMH×1.0KW	SUS304
바스켓필터	D300×300H	SUS304
활성탄필터	2CMH	A/C
전기화학조	500×1500×1000	FRP
전기화학처리수조1	500×1500×1000	SUS304
잔류염소측정기		FRP
재처리염수저장조2	800W×2000L×2000H	SUS304
컨트롤패널	내부형(시퀀스제어)	전력조절용



## 제 8 장 참고문헌

### 제1절 소규모 김치 제조공정의 자동화 기술 및 장비 개발

1. Han ES. 2013. 국민행복시대에 김치산업은 어떻게 기여할까? iPET i-webzine 121: 2-6
2. Han ES, Seok MS. 1996. 김치공장의 배추 절임공정 개선. Food industry and nutrition 1(1): 50-70
3. Jung JL, Kim MJ, Kim SD. 1993. Salting of Chinese cabbage under sub-atmosphere. Journal of the East Asian society of dietary life 3(2): 99-106
4. Lee JM, Kim HJ. 1994. A study on the standardization method of brining conditions and storage day in the preparation of traditional Chinese whole cabbage kimchi. Korean J Dietary Culture 9(1): 87-93
5. Song JE, Kim MS, Han JS. 1995. Effects of the salting of Chinese cabbage on taste and fermentation of kimchi. Korean J Soc Food Sci 11(3): 226-232
6. Lee MH, Lee GD, Son KJ, Yoon SR, Kim JS, Kwon JH. 2002. Changes in organoleptic and rheological properties of Chinese cabbage with salting condition. J Korean Soc Food Sci Nutr 31(3): 417-422
7. Shim YH, Ahn GJ, Too CH. 2003. Characterization of salted Chinese cabbage in relation to salt content, temperature and time. Korean J Soc Food Cookery Sci 19(2): 210-215
8. Lee SW, Cho SR, Han SH, Rhee C. 2009. Effects of the low temperature and low salt solution on the quality characteristics of salted Chinese cabbage. Korean J Food & Nutr 22(3): 377-386
9. Han ES, Jeong YB, Suh HY, Lee MA, Cho JE, Yang JH. 2011. A mechanical device that kimchi sauce stuffing into the cabbage. KR1020110135456
10. Kim HO, Suh SR, Choi YS, Yoo SN, Kim YT. 2007. Optimal conditions for mechanized salting process of salt-inserting method for winter cabbage to produce kimchi. Korean J Food Preserv 14(6): 695-701
11. Han GJ, Choi HS, Lee SM, Lee EJ, Park SE, Park KY. 2011. Addition of starters in pasteurized brined Baechu cabbage increased kimchi quality and health functionality. J. Korean Soc Food Sci Nutr 40(1): 110-115
12. Park SH, Lee JH. 2005. The correlation of physico-chemical characteristics of kimchi with sourness and overall acceptability. Korean J Food Cookery Sci 21(1): 103-109
13. Park SS, Sung JM, Jeong JW, Park KJ, Lim JH. 2012. Efficacy of electrolyzed water and aqueous chlorine dioxide for reducing pathogenic microorganism on Chinese cabbage. Korean J Food Sci Technol 44(2): 240-246
14. Han ES, Seok MS, Park JH, Lee HJ. 1996. Quality changes of salted Chinese cabbage with the package pressure and storage temperature. Korean J Food Sci Technol 28(4): 650-656
15. Park SS, Sung JM, Jeong JW, Park KJ, Lim JH. 2013. Quality changes of salted Chinese cabbages with electrolyzed water washing and a low storage temperature. J

Korean Soc Food Sci Nutr 42(4): 615-620

16. Kim YW, Jung JK, Cho YJ, Lee SJ, Kim SH, Park KY, Kang SA. 2009. Quality changes in brined Baechu cabbage using different types of polyethylene film, and salt content during storage. Korean J Food Preserv 16(5): 605-611
17. Han ES, Koo BY. 2000. Changes of salinity and bending force in winter Baechu during brine salting. Food Sci Biotechnol 9(6): 382-386
18. Jeong JK, Park SE, Lee SM, Choi HS, Kim SH, Park KY. Quality change of brined Baechu cabbage prepared with low temperature stored Baechu cabbages. J Korean Soc Food Sci Nutr 40(3): 475-479
19. Lee MK, Yang HJ, Woo HN, Rhee YK, Moon SW. 2011. Changes in the texture and salt content of Chinese cabbage using different salting method. J Korean Soc Food Sci Nutr 40(8): 1184-1188
20. Kim SD, Park HD, Kim MK. 1997. Morphological characteristics and composition of cell wall polysaccharides of Brassica campestris var. pekinensis(Baechu). Korean J Post-harvest Sci Technol Agri Products 4(3): 301-309
21. Kim DH, Youn KS. 2009. Quality characteristics of Dombaegi(salted shark meat) with reference to salt concentration and temperature during dry salting. Korea J Food Preserv 16(5): 656-660
22. 박찬주, 김택수, 안태량. 포기김치 양념 소냉기 혼합 자동화 장치. 한국생산성본부. 등록번호: KR100958875. 출원일: 2008년03월27일.  
[http://kpat.kipris.or.kr/kpat/1020080028175.pdf?method=fullText&applno=1020080028175&pub\\_reg=P&correctionSeq=null&download=Y](http://kpat.kipris.or.kr/kpat/1020080028175.pdf?method=fullText&applno=1020080028175&pub_reg=P&correctionSeq=null&download=Y) (accessed 2014. 05. 19)
23. 이경옥. 김치 속 공급용 김치 제조장치와 그 제조방법. 등록번호: KR101163096. 출원일: 2012년03월12일.  
[http://kpat.kipris.or.kr/kpat/1020120025147.pdf?method=fullText&applno=1020120025147&pub\\_reg=R&correctionSeq=null&download=Y](http://kpat.kipris.or.kr/kpat/1020120025147.pdf?method=fullText&applno=1020120025147&pub_reg=R&correctionSeq=null&download=Y)(accessed2014.05.19)
24. 구자학, 장성호. 배추 포기 김치 제조 방법 및 배추 포기 김치의 김칫소냉기용 혼합기. (주)아워홈. 공개번호: KR10-2010-0001138. 출원일: 2008년06월26일.  
[http://kpat.kipris.or.kr/kpat/1020080060937.pdf?method=fullText&applno=1020080060937&pub\\_reg=P&correctionSeq=null&download=Y](http://kpat.kipris.or.kr/kpat/1020080060937.pdf?method=fullText&applno=1020080060937&pub_reg=P&correctionSeq=null&download=Y)(accessed2014.05.19)
25. 김종석. 양념혼합반전장치. (주)라이스코리아. 등록번호: KR200424043. 출원일: 2006년05월30일  
[http://kpat.kipris.or.kr/kpat/2020060014607.pdf?method=fullText&applno=2020060014607&pub\\_reg=R&correctionSeq=null&download=Y](http://kpat.kipris.or.kr/kpat/2020060014607.pdf?method=fullText&applno=2020060014607&pub_reg=R&correctionSeq=null&download=Y)(accessed2014.05.19)
26. 임현혁. 양념 혼합 장치. (주)김치라인. 등록번호: KR100950066. 출원일: 2009년07월08일.  
[http://kpat.kipris.or.kr/kpat/1020090062352.pdf?method=fullText&applno=1020090062352&pub\\_reg=R&correctionSeq=null&download=Y](http://kpat.kipris.or.kr/kpat/1020090062352.pdf?method=fullText&applno=1020090062352&pub_reg=R&correctionSeq=null&download=Y)(accessed2014.05.19)
27. 양희성. 김치 속 혼합장치. 공개번호: KR10-2009-0032779. 출원일: 2007년09월28일.  
[http://kpat.kipris.or.kr/kpat/1020070098271.pdf?method=fullText&applno=1020070098271&pub\\_reg=P&correctionSeq=null&download=Y](http://kpat.kipris.or.kr/kpat/1020070098271.pdf?method=fullText&applno=1020070098271&pub_reg=P&correctionSeq=null&download=Y)(accessed2014.05.19)

28. 이월선. 김치 제조장치. (주)한울농산. 공고번호: KR997-0001156. 출원일: 1994년04월19일.  
[http://kpat.kipris.or.kr/kpat/2019940008160.pdf?method=fullText&applno=2019940008160&pub\\_reg=R&correctionSeq=null&download=Y](http://kpat.kipris.or.kr/kpat/2019940008160.pdf?method=fullText&applno=2019940008160&pub_reg=R&correctionSeq=null&download=Y)(accessed2014.05.23)
29. 한응수, 정영배, 서혜영, 조정은, 이미애, 양지희. 배추김치 양념 속 넣기 기계장치. 세계김치연구소. 등록번호: KR101235875. 출원일: 2011년12월15일.  
[http://kpat.kipris.or.kr/kpat/1020110135456.pdf?method=fullText&applno=1020110135456&pub\\_reg=R&correctionSeq=null&download=Y](http://kpat.kipris.or.kr/kpat/1020110135456.pdf?method=fullText&applno=1020110135456&pub_reg=R&correctionSeq=null&download=Y)(accessed2014.05.19)
30. 홍숙자. 회전하는 배추에 김치속을 분사하여 만드는 자동김치 제조방법. 공개번호: KR특 1999-0070816. 출원일: 1998년02월25일.  
[http://kpat.kipris.or.kr/kpat/1019980005866.pdf?method=fullText&applno=1019980005866&pub\\_reg=P&correctionSeq=null&download=Y](http://kpat.kipris.or.kr/kpat/1019980005866.pdf?method=fullText&applno=1019980005866&pub_reg=P&correctionSeq=null&download=Y)(accessed2014.05.19)
31. 이영수. 배추김치 제조 장치. (주)태산엔지니어링. 공개번호: KR10-2014-0037641. 출원일: 2012년09월19일.  
[http://kpat.kipris.or.kr/kpat/1019980005866.pdf?method=fullText&applno=1019980005866&pub\\_reg=P&correctionSeq=null&download=Y](http://kpat.kipris.or.kr/kpat/1019980005866.pdf?method=fullText&applno=1019980005866&pub_reg=P&correctionSeq=null&download=Y)(accessed2014.05.19)
32. 한응수, 정영배, 이상일, 양지희, 서은진. “침지식 김치 양념소넣기 장치”, <세계김치연구소>, 출원번호: KR10-2013-0124683. 출원일: 2013년10월18일.
33. 광병만, 광경운, 류성윤, 이효종, 김영근, 김경수, 권민수, 오지영, 이승은, 권순희. 김치 제조 장치. 한국과학기술원, (주)씨제이제일제당. 등록번호: KR101283258. 출원일: 2012년02월01일.  
[http://kpat.kipris.or.kr/kpat/1020120010242.pdf?method=fullText&applno=1020120010242&pub\\_reg=R&correctionSeq=null&download=Y](http://kpat.kipris.or.kr/kpat/1020120010242.pdf?method=fullText&applno=1020120010242&pub_reg=R&correctionSeq=null&download=Y)(accessed2014.05.23)

## 제2절 절임염수의 재사용 방법 및 친환경 처리기술 개발

1. 안상돈, 이삼섭. 2012. 2012 NHERI 리포트 제 207호 2012 국내 김치 산업 동향 및 소비자 김장 계획 조사
2. 이용선, 박규은. 2011. 김치산업의 중장기 발전 전략. 한국농촌경제연구원
3. [http://www.ksalt.or.kr/home/bb/bbs/board.php?bo\\_table=sub501&wr\\_id=9&page=0](http://www.ksalt.or.kr/home/bb/bbs/board.php?bo_table=sub501&wr_id=9&page=0)
4. 박대원. 2002. 전기화학적 폐수처리, 새로운 대안인가?. Journal of Korean Society on Water Quality., Vol. 18 No. 5, pp. 441-448
5. Lee, J.Y., Lee, J.K., Uhm, S.H. and Lee, H.J. 2011. Electrochemical Technologies : Water Treatment. Appl. Chem. Eng., Vol. 22, No. 3, pp. 235-242
6. Shin, D. H., Hong, J. S., Oh, J. A. and Ahn. Y. S. 2000. Evaluation of Brine Recycling on Salting of Chinese Cabbage for Kimchi Preparation, J. Fd Hyg. Safety 15(1), 25-29
7. Yoon, H.H. and Kim, D.M. 2000. Changes of Brine Characteristics during the Salting Process of Winter, Spring, and Summer Chinese Cabbage, J. Korean Soc. Food Sci Nutr vol. 29 No. 1, pp. 26-29
8. Han, E. S., Seok, M. S., Park, J.H., Jo, J. S. and Lee, H. J. 1998. Quality Changes of Brine during Brine Salting of Highland Baechu. Food Engineering Progress. vol. 2, No. 2, pp. 85-89

9. Yoon, H.H., Jeon, E.J., Sung, S.J. and Kim, D.M. 2000. Characteristics of Waste Brine from the Salting Process of Chinese Cabbage. Korean J. Food Sci. Technol. vol. 32, No. 1, pp. 97-101
10. 박영식, 김동석.. 2007. 전기화학적 소독에 의한 Legionella pneumophila 불활성화., Journal of Korean Society on Water Quality., Vol. 23 No. 5, pp. 613-619
11. Zhang, L. and Liu, W. J., 2006. Study on factors affecting electrochemical disinfection effect, China Water & Wastewater, 22(23), pp. 70-73

### 제3절 절임배추의 위생 및 품질 관리를 위한 표준처리절차 개발

1. 식품의약품안전처, 식품공전, 2014. - 검사규격, 미생물검사방법
2. 식품의약품안전처, 배추김치의 대장균군 저감화 가이드라인, 2014. 6. pp. 1~13.
3. 식품의약품안전처, 소규모 업소용 HACCP 표준 관리 기준, 2010. 10. - 배추김치 HACCP 관리

### 제4절 김치제조 자동화 장비의 투자대비 경제성 규명

1. 고용노동부. 2012. 고용형태별근로실태조사.
2. 화물운송시장정보센터. 2011. 《2011 화물운송시장 동향 - 2011년 제2호》 한국교통연구원.
3. 농림수산식품부. 2012. 《농림사업시행지침서》
4. Harry F. Campbell and Richard P. C.. 2003. *Benefit-Cost Analysis*. Cambridge University Press: New York.
5. Diana Fuguitt and Shanton J. Wilcox. 1999. *Cost-benefit analysis for public sector decision makers*. Quorum Books: Westport, USA.
6. Joseph S. Wholey, Harry P. Hatry, Kathryn E. Newcomer. 2010. *Handbook of practical program evaluation - 3<sup>d</sup> edition*. Jossey-Bass: San Francisco.
7. 전라남도농업기술원 [www.jares.go.kr](http://www.jares.go.kr)

## 주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 고부가식품개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 고부가식품개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.