

최 중
연구보고서

알타리무 전처리 가공시스템 개발
Development of the Altari-Radish
Processing System

기계 및 장치 개발
Development of the devices and machines

효율적 시스템 연구
Study on the effective system

연구기관
경상대학교 농업생명과학연구원

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “알타리무 전처리 가공시스템 개발” 과제 (세부과제: “기계 및 장치 개발”, “효율적 시스템 연구”)의 최종보고서로 제출합니다.

2004 년 8 월 일

주관연구기관명 : 경상대학교
총괄연구책임자 : 민 영 봉
세부연구책임자 : 김 성 태
연 구 원 : 윤 진 하
연 구 원 : 강 창 호
연 구 원 : 유 준 현
연 구 원 : 우 경 택
연 구 조 원 : 강 동 현
연 구 조 원 : 정 효 석
연 구 조 원 : 문 성 원
연 구 조 원 : 박 중 응

요 약 문

I. 제 목

알타리무 전처리 가공시스템 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

본 연구의 목적은 알타리무의 김치담그기전 전처리 가공공정의 기계화기술을 확립하고 전처리 가공라인을 상품화 가능한 수준으로 개발하는데 있다. 김치는 우리나라 고유의 식품이자 세계적인 식품으로 인정되고 그 소비가 날로 증가하고 있다. 현대인은 완전가공식품 또는 가공된 식품재료를 선호하는 경향 때문에 공장가공 김치의 생산량은 계속 증가하고 있다. 김치재료가 되는 무의 연간생산량은 약 165만 톤이며, 이 중 알타리무는 20% 정도로 추정된다. 전국 100여개 김치공장에서 가공되는 알타리무 김치는 국내 김치 총생산량의 8.5%까지 점하고 있으며, 1일 약 900 ton이 다양한 형태의 김치로 연중 가공되고 있다. 이처럼 가공 알타리무의 수요가 증가하고 있음에 비하여 가공작업은 인력에 의존하고 있는 실정이다.

김치용 알타리무의 전처리 가공공정은 선별, 무청다듬기, 삭피, 무청절단, 뿌리꼬리 절단, 세척 등이다. 전처리 가공공정 중 기계화가 기술적으로 가장 어려운 것은 삭피공정으로 지금까지 이 공정에 대한 기계화 연구 및 개발은 전무하다. 이는 알타리무가 일반무보다 형태상으로 작고 또 외형이 균일하지 않으며, 또한 알타리무 김치의 특성상 무의 삭피공정에서 무청은 훼손되지 않으면서 몸통의 삭피가 이루어져야 하는 등의 어려움이 있기 때문이다.

우리나라 김치산업이 발전하기 위하여 해결하여야 할 과제 중 하나는 알타리무 전처리 가공공정의 기계화이며, 과제 해결을 위하여 체계적이고 깊이 있는 관련 연구와 기계의 개발이 필요하다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 김치공장 등의 알타리무 김치가공 비용절감과 위생적 생산에 기여하기 위해, 알타리무 전처리 가공시스템을 종합적으로 연구하여 상품화 가능한 가공기계와 가공라인을 개발하였다. 전처리 가공작업의 기계화를 위해, 우리나라 알타리무 생산 및 가공현황을 조사분석하여 기계화 전처리 가공공정을 확립하고 필요한 기계와 장치를 개발하였다. 특히 알타리무의 형태상 삭피작업은 기계화하는데 가장 어려운 것으로서 삭피장치의 개발은 전처리 가공시스템 개발의 필수적 분야이다. 개발 대상장치는 무청과 뿌리꼬리 절단장치, 삭피장치 및 세척장치이며, 가능한 몇 가지 장치들을 고안제작하고 시험을 통해 최적의 장치를 구명하였다. 각 장치를 조합한 자동화 가공기계와 가공라인은 현장자료조사와 기초시험의 결과를 종합하여 최적으로 설계 및 제작하였고, 성능시험을 실시하여 문제점을 보완하였다. 기계 가공된 알타리무의 적용성검증과 경제성분석을 실시하여 가공라인의 모델을 정립하고 상품화 방향을 제시하였다.

Ⅳ. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

본 연구는 알타리무 전처리 가공시스템을 종합적으로 연구하고 상품화 가능한 가공기계와 가공라인을 개발하기 위하여 수행하였고, 그 결과는 다음과 같다.

제1절 연구개발 결과

1. 기계 및 장치 개발

가. 알타리무 삭피용 칼날의 최적형상 구명

알타리무 김치의 전처리 가공시스템 자동화에 있어서 가장 중요한 작업은 삭피작업이다. 기계화 삭피작업용 칼날의 최적형상을 구명하기 위하여 알타리무에 대한 원주방향과 길이방향 삭피시험을 실시하였다. 칼날이 튀지 않고 무피에 파고 들면서 연속작업이 가능한 삭피속도 이내에서 삭피깊이 2 mm, 삭피폭 10 mm로 삭피시험을 실시하고 삭피저항을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 원주방향과 길이방향 삭피시 삭피저항은 삭피속도의 영향보다 칼날형상의 영향이 높았으며, 칼날형상 요인에서는 칼날각보다 경사각의 영향이 더 큰 것으로 나타났다.
- 2) 길이방향 삭피가 원주방향 삭피보다 삭피저항이 작고 삭피면이 깨끗하게 가공되었고, 길이방향 삭피방식은 홈형 삭피방식보다 평면형 삭피방식이 기계화에 더 적합하였다.
- 3) 실제의 알타리무 삭피는 길이방향 평면형 삭피로 수행되므로 기계 삭피방식이 이 방식을 적용할 경우 최적의 삭피조건으로 속도는 0.2 m/s, 칼날각은 20°, 경사각은 60°인 것으로 판단되며, 이 조건에서 칼날 1개당 삭피저항은 15 N이었다.
- 4) 수확 후 경과일수에 따른 원주방향과 길이방향 삭피시험에서는 수확 후 경과일수가 길어질수록 삭피저항이 약간씩 증가하는 것으로 나타났으며, 알타리무의 상품성이 유지되는 수확 후 4일까지는 본 시험에서 결정된 칼날에 의한 삭피작업이 가능한 것으로 판단되었다.

나. 무청 절단칼날의 최적형태

알타리무의 무청 절단장치에서 가장 중요한 부품은 절단칼날이다. 절단칼날의 최적형태를 구명하기 위하여, 무청의 절단속도와 절단칼날의 칼날각 및 전단각(쉬어 앵글, shear angle)의 변화에 따른 절단저항시험을 실시하였다. 시험 결과, 무청 절단용 칼날의 최적 칼날조건은 칼날두께 2 mm, 칼날각 25°, 전단각 40°, 절단속도 0.5 m/s 인 것으로 나타났다.

다. 무 뿌리꼬리 절단칼날의 최적형태

알타리무 전처리 가공 기계개발에 필요한 뿌리꼬리 절단장치에서 가장 중요한 부품은 절단칼날이다. 절단칼날의 최적형태를 구명하기 위하여, 절단속도와 절단칼날의 칼날각, 그리고 쉬어각의 변화에 따른 절단저항을 측정하는 절단시험을 실시한 결과, 최적의 칼날조건은 칼날두께 2 mm, 칼날각 20°, 전단각 30°, 절단속도 0.5 m/s 인 것으로 나타났다.

라. 고압수 분사에 의한 뿌리부 세척효과

알타리무 표면의 잔뿌리와 흙과 같은 이 물질 제거를 위해, 세척에 가장 적합한 고압수 분사장치를 고안제작하여 분사압력에 따른 세척정도를 조사하였다. 사용된 분사노즐은 세척용으로 적합한 Teejet 노즐이며, 고밀도 분사를 위해 노즐 3개를 노즐 받침대에 수평(노즐공은 수직)으로 간격을 3 cm로 일정하게 고정하고, 노즐과 25 cm 떨어져 수직 및 수평으로 고정되어 회전하는 알타리무에 고압수를 분사하였다. 분사압력은 5, 10, 15 kgf/cm²으로 하였으며, 시험 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 기계화가 가능한 세척시간 30초 이내, 분사압력 15 kgf/cm² 이내에서 분사방향, 분사압력, 분사시간에 따른 알타리무의 세척정도 차이는 거의 없었다.
- 2) 알타리무의 품종 중 뿌리부가 장고형(신진, 남강)과 같이 생긴 것은 뿌리몸통에 굵은 잔뿌리가 많고 잔뿌리가 내린 곳은 흙부로 형성되어 고압수 분사에 의한 잔뿌리 제거와 흙부의 이물질 제거는 불가능한 것으로 판단되었다.
- 3) 뿌리부가 직선이고 표면이 매끈한 품종은 30초간, 15 kgf/cm²의 고압수 분사로 깨끗한 세척이 가능하였다.

마. 삭피기계 개발

본 절에서는 가능할 것으로 판단되는 몇가지 삭피방식을 고안하여 삭피장치를 설계제작하고 시험하여 최적의 알타리무 삭피방법을 찾고, 실용화할 수 있는 기계를 개발한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 고안된 삭피방식은 칼날벨트, 브러쉬 및 선회칼날 방식이며, 칼날벨트와 브러쉬형 삭피장치는 알타리무의 삭피가 원활하게 이루어지지 못하였고, 칼날부의 칩의 부착, 칼날부 제작의 어려움 등의 문제점이 있었다.
- 2) 선회칼날형 삭피장치는 알타리무 삭피가 완벽하게 이루어 졌고, 칼날의 청소가 불필요하며, 구조가 다른 두 방식보다 간단하여 실용 기계화가 가능한 것으로 판단되었다.
- 3) 선회칼날형 삭피장치를 개선하여 적용하고, 무청절단장치와 무뿌리꼬리 절단장치, 이송장치 및 자동제어장치로 구성된 삭피기계 시작기를 개발하였다.
- 4) 개발된 삭피기계는 인력에 의해 무를 가공라인 상에 올려놓기만 하면 무청 절단, 뿌리꼬리 절단, 삭피 작업을 일관자동으로 수행할 수 있었고, 작업속도는 10초/개로 기업의 상품화가 가능한 것으로 판단되었다.

바. 알타리무 가공라인 개발

알타리무 전처리 가공작업의 기계화가 가능한 무청 절단, 뿌리꼬리 절단, 삭피 및 세척 작업이 연결된 자동화 라인을 상품화 가능한 수준으로 개발하였다. 삭피 기계는 전절에서 언급한 시작기의 성능을 개선하였고, 세척장치는 와류세척과 수류이송 방식을 적용하여 개발하였으며, 라인의 제어는 PLC 제어장치를 적용하였다. 본 가공라인은 작업자의 편의성, 제작의 용이성과 경비절감, 작업의 정밀성 및 상품성을 최대한 고려하여 설계제작하였다. 시작품으로 제작한 가공라인은 삭피장치를 1초만 탑재한 1조 삭피방식으로 성능시험결과 작업능률은 9초/개(128 kg/h), 삭피 성공률은 98%, 그 외의 모든 작업은 완벽하게 수행되었다.

2. 효율적 시스템 연구

가. 알타리무 생산 및 가공현황

알타리무 생산과 가공현황을 자료, 설문 및 방문을 통해 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 우리나라 알타리무 재배면적은 1,500~2,000 ha, 연간생산량은 약 330,000 M/T으로 무 생산량(약 1,650,000 M/T)의 20%로 추정되었다. 김치가공공장에서 생산하는 전체 김치(무+배추) 중 알타리김치가 차지하는 비율은 8.43%로 나타났다.
- 2) 김치가공장에서 알타리무 김치가공을 위해 투입되는 고용인원은 평균 3.5명이었고, 연속가공시간은 평균 5시간, 1일 200~500 kg를 가공하고 있었다.
- 3) 김치가공장에서 인력에 의한 알타리무 가공 작업능률은 약 12.5 kg/시간/인으로 조사되었고, 알타리무 1개당 무게 315g을 기준하면 작업속도는 1.5분/개/인으로 계산되었다.
- 4) 현재의 김치가공공장들은 알타리무 가공공정을 원료입고 → 선별/정선 → 염수조제 → 절임 → 세척 →탈수 →양념조제 →배합(원료+양념) → 포장 → 저장 및 숙성의 순으로 라인화 공정을 가지고 있으나, 라인상의 이송은 벨트컨베

이어, 운반은 인력운반기가 이용되는 것 이외는 모든 작업이 인력에 의존하고 있었다.

나. 알타리무의 물리적 특성

김치용 알타리무의 전처리과정 중 삭피공정의 기계화를 위해 평강 무와 사철 무의 기하학적 형상, 뿌리부의 부위별 압축강도, 압축변형량, 표면경도 및 무청과 뿌리부의 전단강도 등을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 평강 무는 평균 무청길이 325.4 mm, 무 뿌리의 길이 102.4 mm, 상부의 직경 49.8 mm, 중간부의 직경 51.9 mm, 하부의 직경 50.3 mm이었으며, 사철 무는 평균 무청길이 283.1 mm, 몸통길이 94.3 mm, 상부의 직경 33.2 mm, 중간부의 직경 29.9 mm, 하부의 직경 48.2 mm이었다.
- 2) 무청을 포함한 알타리무의 무게는 평균 320 g으로 조사되었다.
- 3) 평강 무의 수직방향 압축강도는 83.8~171.7 N/cm², 수평방향 압축강도는 113.0~191.7 N/cm²에 분포하였으며, 사철 무의 수직방향 압축강도는 91.3~168.3 N/cm², 수평방향 압축강도는 132.6~186.9 N/cm²에 분포하였다. 압축강도는 무의 위치보다는 재하 방향에 따라 차이가 있는 것으로 나타났다.
- 3) 평강무의 무청 접합부의 전단력은 100.6 N이었고, 사철 무의 경우 103.4 N으로 나타났다.
- 4) 평강 무 표면의 경도는 전체적으로 깊이 1~2 mm에서 최대값 52.1 N/cm²을 나타내었고, 사철 무의 경우 상부의 같은 깊이에서 경도 67.8 N/cm²로 가장 높은 수치를 보였다.
- 5) 무청의 분리에 필요한 비틀림모멘트는 회전속도 8 rpm에서 15.2 N·cm/cm²이었고, 수확 후 5일이 지난 후에는 급격히 감소하였다.

다. 가공라인 최적화 연구

알타리무 가공라인 최적화 구명을 위해, 김치공장과 김치 판매장의 현장방문 및 설문 조사를 통해 알타리무의 가공공정과 작업방법을 조사하여 기계화에 적합한 가공공정과 가공순서를 확립하고, 가공공정별 적합한 기계와 장치를 선정하였으며, 개발된 기계의 경제성 분석을 실시한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 김치공장 고용인력에 의한 알타리무 1일 작업량과 가정주부 10인의 작업량으로부터 계산한 평균삭피작업속도는 90개/시간/1인(40초/개/1인) 이었다.
- 2) 알타리무 전처리 가공시스템의 라인화 작업공정은 1차선별(인력) --> 불가식부 제거(잎, 줄기)(인력) --> 작업라인에 올리기(인력) -->무청, 무뿌리 절단 --> 삭피 --> 세척(와류식 수세) --> 이송(수류식) --> 일시저장조 --> 체인벨트 컨베이어 --> 절입 수조 --> 건조기(인력)로 이루어지도록 하는 것이 효율적인 것으로 판단되었다.
- 3) 알타리무의 김치담그기 전의 기계화 작업이 가능한 전처리 가공공정은 가공라인과 세척라인으로서, 청절단, 뿌리꼬리 절단, 삭피 및 세척 공정으로 판단되었다.
- 4) 생산지와 출하시기가 동일한 알타리무의 뿌리부 길이오차는 95%수준에서 30 mm 정도로서 3단계로 크기를 선별하여 기계가공을 수행하는 것이 삭피손실을 줄이고, 정밀한 삭피가 이루어질 것으로 판단된다.
- 5) 기계가공 알타리무는 위생 및 김치 맛에서 인력가공의 것과 차이가 없고, 단기속성 및 저장 김치로서, 김치공장용으로서 적합한 것으로 판단되었다.
- 6) 개발된 알타리무 가공기계의 1조 삭피방식과 2조 삭피방식의 인력가공방식에 대비한 손익분기 연간작업일수는 각각 28일, 19일, 손익분기 연간가공량은 각각 28,700 kg, 32,400 kg으로 계산되었다.
- 7) 모든 연구결과와 김치공장관계자 및 전문가의 평가 결과로부터 개발된 전처리 가공시스템은 그대로 상품화 모델로 제시할 수 있는 것으로 판단된다.

제2절 결과 활용에 대한 건의

1. 산업화 추진시 행재정적 지원

- 개발한 시작품은 알타리무 삭피기계와 가공라인으로 상품화 가능한 수준으로 개발에 성공하였다.
- 알타리무 가공라인의 국내 수요는 1,500대, 시장규모는 750억원으로 예측되어, 기술이전 기업의 활성화가 크게 기대된다.
- 개발한 시작품을 상품화 하기위해 각 시작품을 김치공장 현장에 설치하여, 문제점 파악 및 보완이 필요하다.

- 기술을 이전받을 기업에서는 제품화 디자인 및 설계와 제작을 하여야 하고, 제품의 성능검증 및 신기술기계 등록을 하여 제품 판매의 효율화가 필요하다.
- 이에 기술이전에 필요한 비용(기술이전사업비)과 행정적 지원을 요청함.

SUMMARY

I. Title

Development of the Altari-Radish Processing System

II. Objects and necessities of the research and development

It is estimated that the amount yield of the radish in Korea are about 1650 kilo-tons per year and 20% of these are the Altari radish. The cultivated areas are come up to 1,500~2,000 ha on a nation wide, and over 50% of these areas were located at Seosan, Yeungam, Pyeongtaek, Whaseong and etc., regionally.

Amount of the Altari radish kimchi productions processed at about 100 manufactures are reached as much as 8.5% of the amount of the kimchi output in nation, and the Altari radishes are processed 900 M/T per day into various kimchi throughout the year .

It is expected that the ratio of the Altari radish kimchi to the food exports of our nation's would be increased gradually by year, but the lack of mechanization techniques necessary for working processes of the Altari radish leads these procedures rely on man labor at present.

The working processes of the Altari radish for kimchi are achieved by such processes as grading - trimming leaves - peeling radishes - cutting leaves - cutting root tail - washing, and the most difficult one among these is the peeling process. But the mechanizations on this process are insufficient and, therefore, mechanization techniques for automatic operation are not established yet. These were caused by the shapes that the Altari radishes are irregular and smaller than common ones, and by some difficulties, as the characteristics of the Altari radish kimchi, that the peeling should be succeeded without damaging to radish leaves at peeling process.

III. Substances and scopes of the research and development

On this study : A processing machine and processing line that feasible to commercial production were developed by the synthetic study on the processing systems before kimchi preparing, to contribute to reducing cost and sanitary production of the Altari radish kimchi on factories and others. Amount of the output and processing status of the Altari radishes of the Korean were surveyed and analyzed, and the required machine and devices were developed to establish the mechanization of the pre-treating working process. Especially, the development of the peeling device, which is the most difficult one to mechanization with the shapes of the Altari radishes, is the essential field on the development of the processing system. The objective developed equipments were radish leaves and root tail cutting devices, peeling device and washing device, and these were designed and manufactured and the optimum conditions of these were verified through the tests. The automatic processing machinery and processing line that is synthesized with each device were designed and manufactured optimally with a composite of the field data surveys and fundamental tests results, and the problems were supplemented through the performance tests. The establishment of the model for the processing line and the indication of the direction on the commercial production were performed through the applicability verifying and economic analysis of the mechanically processed Altari radish for kimchi.

IV. The results of the research and development and the proposal for practical use

On this study, to contribute to reducing cost and sanitary production of the Altari radish kimchi on factories and others, a processing machine and processing line that feasible to commercial production were developed by the synthetic study on the processing systems before kimchi preparing. The results of this study were as follows.

Section 1 Results of the research and development

1. Development of the devices and machines

A. Study on the optimum shapes of the peeling blades for the Altari radish

To investigate the optimum shapes of the peeling blades for the mechanization of the peeling works that were important to automatize the processing systems of the Altari radish kimchi, the circumferential and longitudinal peeling tests of the Altari radish were conducted. The peeling tests, as the peeling speeds within the range as the blades were not vibrated but digged the skin of the radishes and could be continuous operation, were carried out with the peeling depth and width of the blade at 2 mm and 10 mm, respectively. The results of the analysis on the peeling resistances were summarized as follows.

- 1) At the circumferential and longitudinal peeling tests, the effects of the shape of the blades to the peeling resistances were displayed higher than those of the peeling speeds and the effects of the rake angles of the blades were higher than those of the blade angles among the blade factors.
- 2) The peeling resistances on the longitudinal peeling were lower than those of the circumferential peeling, and in that case, peeled surfaces were processed cleanly. At the longitudinal peeling, plane type peelings could be fitter than those of the groove type peelings for mechanization.
- 3) Actually, the peeling of the Altari radishes were performed on longitudinal and plane type, the optimum peeling conditions of these case were the peeling speed was 0.2 m/s, blade angle was 20° and the rake angle was 60°, and the peeling resistance of each blade showed as 15 N at these conditions.
- 4) The peeling resistances according to the lapse days after harvest were exhibited as increased gradually to the stored days, and the freshness of the Altari radishes were maintained within 4 days after harvest, the peeling operation, therefore, could be established in these duration.

B. Optimum shapes of the radish leaves cutting blades

The conditions of the cutting leaves that essential to develop of the Altari radish processing were revealed. As the results of the cutting resistance tests of the leaves of the radish depending on the variation of the shear angles of the blades, the optimal conditions of the blades for leaves were brought out as

the thickness was 2 mm, the blade angle was 25°, the shear angle was 40° and the cutting speed was at 0.5 m/s, respectively.

C. Optimum shapes of the root tails cutting blades

The conditions of the cutting root tails that necessary to develop of the Altari radish processing were confirmed. As the results depending on the shear angles of the blades, the optimum conditions of the blades for root tails were showed as the thickness 2 mm, the blade angle 20°, the shear angle 30° and the cutting speed was 0.5 m/s, respectively.

D. Washing effect on the high pressure water injection

This study was conducted to inquire into washing aspects according to the injection pressure with construction a high pressure water injection device fitted to washing for removing soil or sundries on the surface of the radishes and fine roots. The selected injection nozzles were Teejet ones that feasible to use for washing the materials. To high density injecting, 3 nozzles were fixed with intervals as 3 cm on the nozzle base horizontally (vertical of the nozzle hole), and then, high pressured water injected on the rotating radish which isolated 25 cm from nozzle and fixed horizontally and vertically to the base. Tests were carried out with the injection pressure as 5 kgf/cm², 10kgf/cm² and 15 kgf/cm², and the results were summarized as follows.

- 1) There were no significant washing aspects according to the injecting directions, pressures and duration within the possible limit of the mechanization as washing time was testified at less 30 sec. and injecting pressure was at less 15 kgf/cm².
- 2) It was impossible to remove the fine roots and soil or sundries by high pressure water injection to the double-head drum type rooted radishes (kinds of Sinjin and Namgang) among the kinds of the Altari radishes, for they had many thick fine roots on the radish and many grooves on the fine rooted place.
- 3) It is possible to wash cleanly at 30 sec. and 15 kgf/cm² by high pressure water injection to the kinds of straight rooted radishes.

E. Development of the peeling machine

This study was performed to design and manufacture a peeling device that were convinced of the possible ways with some plan, and to inspect the optimum peeling methods of the Altari radishes with tests, and to develop a practicable machinery. The results were summarized as follows.

- 1) The planned peeling method was with blade belt, brush and rotating blade, but the peeling works were not established so well and the troublesome like adhesion of the chip on the blades and the difficulties produce the blade parts were come out on this type of the peeling device.
- 2) The peeling operations of the rotating blade type peeling devices were completed without needs to cleaning, and it was considered that it would be possible to practical mechanization for it's construction was simpler than the other methods.
- 3) The prototype peeling machine that applied the peeling device modified by the rotating blade type peeling devices, and composed by radish leaves cutting device, radish root tails cutting device, transferring device and auto control device was developed.
- 4) With the developed peeling machine, it could be operated to leaves cutting, root tails cutting and radish peeling as the operating speed as 10 sec. per each radish in regular sequence by only putting radishes on the processing line by a man. It was credited that this peeling machine would be possible to commercialize.

F. Development of the processing line of the Altari radish

Automated processing lines of the Altari radish processing which possible to be mechanized and organized such operations as leaves cutting, root tails cutting, radish peeling and washing was developed, as the level as the commercialization.

The peeling device was improved with the performances of the prototype machine as noted former section, the washing device was developed with applications of the swirled water washing and the water flow transferring method, the control of the processing lines were applied PLC control devices. This processing line was designed and constructed in maximum considerations of conveniences of the operator, easiness and cost reduction of the machine manufacture, accuracy of the operation and merchandise of the outputs. The

processing line manufactured as a prototype was one raw peeling method mounted only one raw of peeling device, and then, operating efficiency was 9 sec. per each (128 kg/h), rate of successful peeling was 98%, and the other operations were conducted perfectly.

2. Study on the effective system

A. Status of the production and processing of the Altari radishes

The results of the surveys with the status production and processing of the Altari radishes though the data, questionnaires and field investigations were summarized as follows.

- 1) It is proved that the cultivated area of the Altari radishes were 1,500~2,000 ha and productions per year were about 330,000 M/T, and it was estimated as 20% of the common radishes productions (about 1,650,000M/T) in our nation. The rate of the Altari radish kimchi output compared with that of the overall kimchi (radish + cabbage) was showed as 8.43%.
- 2) The employed labors to work for kimchi processing in manufacturers were 3.5, and the continuous processing time was 5 hours on an average, and they processed kimchi 200~500 kg per day.
- 3) It is surveyed that the working efficiencies were around 12.5 kg/h · person on Altari radish processing by labors in manufacturers, and working speeds of the person were calculated as 1.5 min./each · person based on the weight of one Altari radish was as 315 g.
- 4) At present, the kimchi processing manufacturers are maintaining such lined processes as the orders as carrying in the raw materials → grading/selection → salt water preparation → salting → washing → dehydration → condiments preparation → blending (materials + condiments) → packaging → storing and ripening. But most of these operations, except transferring on lines were done with belt conveyer and carrying works were with manual wheeled carrier, were depended upon labors.

B. Physical properties of the Altari radish

For the mechanization of the peeling processes on the Altari radish processing for kimchi, the characteristics of the Pyeonggang and Sachul radish

kinds, such as the geometric shapes, compressive strengths of the root parts, compressive strains, surface hardness and shearing stresses of the leaves and root parts, were measured and analyzed. The results were summarized as follows.

- 1) The dimensions of the Pyeonggang radishes on average were appeared as, leaves length as 325.4 mm, radish root length as 102.4 mm, head part diameter as 49.8 mm, mid part diameter as 51.9 mm, bottom part diameter as 50.3 mm. And in case of the Sachul radishes were showed, leaves length as 283.1 mm, radish body length as 94.3 mm, head part diameter as 33.2 mm, mid part diameter as 29.9 mm and bottom part diameter as 48.2 mm, respectively.
- 2) The weight of one Altari radish include leaves was surveyed as 320 g on average.
- 3) For the Pyeonggang radishes, the vertical compressive strengths were ranged 83.8~171.7 N/cm² and horizontal compressive strengths were distributed 113.0~191.7 N/cm². And for Sachul radishes, the vertical compressive strengths were ranged 91.3~168.3 N/cm² and horizontal compressive strengths were distributed 132.6~186.9 N/cm². The compressive strengths were affected by loaded directions rather than locations of the radishes.
- 4) The shearing strength of the connected part of the Pyeonggang radishes was 100.6 N, and that of the Sachul radishes was 103.4 N on average.
- 5) The maximum surface hardness of the Pyeonggang radishes was 52.1 N/cm² and that of the Sachul radishes was 67.8 N/cm² on average, at the depth of 1~2 mm on both kinds of radishes.
- 6) The torsional moment to remove leaves on radish was 15.2 N·cm/cm² at rotational speed was 8 rpm, and this torsional moment was decreased rapidly from 5 days after harvest.

C. Study on the optimization of the processing line

To investigate the optimum processing line, to research processing procedures and working methods of the Altari radishes through the field surveys and questionnaires on manufacturers and sales rooms of the kimchi, these studies were performed to establish the processing procedures and orders suitable for mechanization, and selected adequate machineries and

devices to each processing procedure, and conducted the economic analysis on the developed machine. The results of the studies were summarized as follows.

- 1) The peeling work speed was brought out as 90 each/h · man (40 sec/each · man) calculated by daily handling of the Altari radish for one labor on kimchi manufacturer and 10 of house wives.
- 2) It was realized that the effective lined operating process of the Altari radish processing were constructed as follows. Those were, primary selecting (by labor) → removing inedible parts (leaves, stems) ((by labor) → loading on the operating line (by labor) → cutting of the leaves and root tails → peeling → washing (swirled water) → transferring (water flow) → temporal storing bin → chain belt conveyer → salting water bin → taking out (by labor).
- 3) It was considered that the possible processing procedures on mechanization before blending kimchi were processing lines and washing line, that is, the processes of the leaves cutting, root tails cutting, peeling and washing.
- 4) The differences of root lengths of the Altari radishes that had same cultivated area and come out periods were proved about 30 mm at 95% level. It was regarded that mechanical processing, therefore, should be processed with 3 steps by grading of lengths of the radishes, and then, the accurate peeling would be accomplished with decreased losses of those.
- 5) It was concluded that sanitation and taste of the mechanized processed Altari radishes kimchi were same nearly compare with hands made, and those were suitable for manufactory of kimchi as the short term ripening and storing kimchi.
- 6) Developed Altari radish processing machinery with one raw peeling method and two raw method that compared with hand processing method, it was analyzed that the break-even yearly working days were 28 days and 19 days, and the break-even yearly processing amount were 28,700 kg, 32,400 kg, respectively.
- 7) It was concluded that this developed processing systems could be presented as a commercial model based on the results of the studies and evaluations of the concerns of the kimchi manufactories and experts of the food machineries.

CONTENTS

SUBMISSION -----	1
ABSTRACT -----	2
SUMMARY -----	10
CONTENTS -----	18
Chapter I Synopsis of the research and development project -----	28
Section 1. Objects of the research and development -----	28
Section 2. Necessities of the research and development -----	29
Section 3. Scopes of the research and development -----	30
Chapter II Status of the technical development on the inside and outside of the country -----	31
Chapter III Substances and conclusions of the performed research and development -----	32
Section 1 Development of the apparatus and devices -----	32
1. Study on the optimum shapes of the peeling blades for the Altari radish	
A. Introduction -----	32
B. Materials and methods -----	32
1) Test materials -----	33
2) Test devices -----	33
a) Circumferential peeling device -----	33
b) Longitudinal peeling device -----	37
3) Test methods -----	38
a) Circumferential peeling test -----	39
b) Longitudinal peeling test -----	39
(1) Groove type peeling test -----	39
(2) Plane type peeling test -----	40
c) Peeling resistances according to the lapse days after harvest -----	41
C. Results and discussion -----	42
1) Circumferential peeling test -----	42

2) Longitudinal peeling test -----	45
a) Groove type peeling test -----	45
b) Plane type peeling test -----	46
3) Peeling resistances according to the lapse days after harvest -----	50
D. Summary and conclusions -----	52
2. Optimum shapes of the radish leaves cutting blades -----	53
A. Introduction -----	53
B. Materials and methods -----	53
1) Test materials -----	53
2) Test devices -----	53
3) Test methods -----	55
C. Results and discussion -----	56
D. Summary and conclusions -----	57
3. Optimum shapes of the root tails cutting blades -----	58
A. Introduction -----	58
B. Materials and methods -----	58
1) Test materials -----	58
2) Test devices -----	58
3) Test methods -----	60
C. Results and discussion -----	61
D. Summary and conclusions -----	62
4. Washing effect on the high pressure water injection -----	63
A. Introduction -----	63
B. Materials and methods -----	63
1) Materials -----	63
2) Test devices and methods -----	63
C. Results and discussion -----	65
1) Amount of injection -----	65
2) Comparison of the injection time -----	65
3) Cleaning appearances rely on vertical injection pressure -----	66

4) Cleaning appearances rely on horizontal injection pressure -----	67
D. Summary and conclusions -----	70
5. Development of the peeling machine -----	71
A. Introduction -----	71
B. Designed peeling machine and performances -----	71
1) Main body attached on the peeling device -----	71
2) Belt type peeling device -----	72
a) Principles -----	72
b) Design and manufacturing of the prototype device -----	74
c) Peeling performances -----	75
2) Brush type peeling device -----	77
a) Principles -----	77
b) Design and manufacturing of the prototype device -----	78
c) Peeling performances -----	80
3) Rotating blade type peeling device -----	80
a) Principles -----	80
b) Design and manufacturing of the prototype device -----	81
c) Peeling performances -----	82
C. Development of the peeling machine -----	83
1) Design and manufacturing of the prototype machine -----	83
2) Performance tests -----	87
D. Summary and conclusions -----	89
6. Development of the processing line of the Altari radish -----	90
A. Introduction -----	90
B. Radish processing machine -----	90
1) Construction and operating principles -----	90
a) Overall construction -----	90
b) Radish transfer device -----	93
c) Radish leaves cutting device -----	94
d) Radish root tail cutting device -----	95

e) Radish rotating device -----	96
f) Radish peeling device -----	98
g) Auxiliary rotating device -----	99
h) Principles of the radish processing machine -----	100
2) Theoretical analysis of optimal peeling speed -----	105
3) Design and manufacturing of the prototype machine -----	110
4) Development of the control instruments -----	111
5) Working performances -----	123
C. Washing device -----	125
1) Design and manufacturing of the prototype device -----	125
2) Working performances -----	127
D. Processing line of the Altari radish -----	128
1) Organization -----	128
2) Working performances -----	128
E. Conclusions -----	128
 Section 2 Study on the effective system -----	 129
1. Status of the production and processing of the Altari radish -----	129
A. Introduction -----	129
B. Kinds of the Altari radish -----	129
C. Status of the production and processing of the Altari radish -----	131
1) Cultivation status of the Altari radish -----	131
2) Status of the processing works of the Altari radish -----	132
a) Survey objects -----	133
b) Survey results -----	133
D. Conclusions -----	140
2. Physical properties of the Altari radish -----	141
A. Introduction -----	141
B. Materials and methods -----	141
1) Test materials -----	141

2) Test devices and methods -----	141
a) Shapes of the Altari radishes -----	141
b) Cross sectional areas and circumferences of the Altari radishes ---	142
c) Compressive and shearing strengths of the Altari radishes -----	143
d) Surface hardness of the Altari radishes -----	144
e) Torsional moments of the radish leaves -----	144
C. Results and discussion -----	146
1) Shapes of the Altari radishes -----	146
2) Cross sectional areas and circumferences of the radish leaves -----	147
3) Compressive strengths of the radish root parts -----	147
4) Shearing strengths of the connected parts -----	150
5) Surface hardness of the Altari radishes -----	151
6) Torsional moments of the radish leaves -----	152
7) Torsional moments of the radish leaves according to the stored durations	
D. Summary and conclusions -----	154
3. Study on the optimization of the processing line -----	155
A. Introduction -----	155
B. Results of the data surveys -----	155
1) Processing procedures of the Altari radish -----	155
2) Peeling methods -----	155
C. Optimum apparatus and machines on working process -----	156
D. Applicability verifying of the processed productions -----	157
E. Economic analyzation -----	160
F. Model establishment of the processing line -----	166
G. Direction on commercial production -----	170
H. Summary and conclusions -----	171
Chapter IV Achievement to objects and contribution to relative fields ---	172
Chapter V Application plans with the results of the research and development	
-----	175
Chapter VI References -----	177

목 차

제 출 문 -----	1
요 약 문 -----	2
SUMMARY -----	10
CONTENTS -----	18
제1장 연구개발과제의 개요 -----	28
제1절 연구개발의 목적 -----	28
제2절 연구개발의 필요성 -----	29
제3절 연구개발의 범위 -----	30
제2장 국내외 기술개발 현황 -----	31
제3장 연구개발수행 내용 및 결과 -----	32
제1절 기계 및 장치 개발 -----	32
1. 알타리무 삭피용 칼날의 최적형상 구명 -----	32
가. 서 언 -----	32
나. 재료 및 방법 -----	32
1) 시험 재료 -----	33
2) 시험 장치 -----	33
가) 원주방향 삭피장치 -----	33
나) 길이방향 삭피장치 -----	37
3) 시험 방법 -----	38
가) 원주방향 삭피시험 -----	39
나) 길이방향 삭피시험 -----	39
(1) 홈형 삭피시험 -----	39
(2) 평면형 삭피시험 -----	40
다) 수확 후 경과일수에 따른 삭피시험 -----	41
다. 결과 및 고찰 -----	42
1) 원주방향 삭피시험 -----	42
2) 길이방향 삭피시험 -----	45

가) 흡형 삭피시험 -----	45
나) 평면형 삭피시험 -----	47
3) 수확후 경과일수에 따른 삭피저항 -----	50
라. 요약 및 결론 -----	52
2. 무칭 절단칼날의 최적형태 -----	53
가. 서언 -----	53
나. 재료 및 방법 -----	53
1) 시험 재료 -----	53
2) 시험 장치 -----	53
3) 시험 방법 -----	55
다. 결과 및 고찰 -----	56
라. 요약 및 결론 -----	57
3. 무 뿌리꼬리 절단칼날의 최적형태 -----	58
가. 서언 -----	58
나. 재료 및 방법 -----	58
1) 시험 재료 -----	58
2) 시험 장치 -----	58
3) 시험 방법 -----	60
다. 결과 및 고찰 -----	61
라. 요약 및 결론 -----	62
4. 고압수 분사에 의한 뿌리부 세척효과 -----	63
가. 서 언 -----	63
나. 재료 및 방법 -----	63
1) 재료 -----	63
2) 시험장치 및 방법 -----	63
다. 결과 및 고찰 -----	65
1) 분사량 -----	65
2) 분사시간에 따른 비교 -----	65
3) 분사압력 별 세척상태(수직) -----	66
4) 분사압력 별 세척상태(수평) -----	67

라. 요약 및 결론 -----	70
5. 삭피기계 개발 -----	71
가. 서언 -----	71
나. 고안된 삭피장치와 성능 -----	71
1) 삭피장치 탑재용 본체 -----	71
2) 벨트형 삭피장치 -----	72
가) 원리 -----	72
나) 시작기 설계 제작 -----	74
다) 삭피 성능 -----	75
2) 브러쉬형 삭피장치 -----	77
가) 원리 -----	77
나) 시작기 설계 제작 -----	78
다) 삭피 성능 -----	80
3) 선회칼날형 삭피장치 -----	80
가) 원리 -----	80
나) 시작기 설계 제작 -----	81
다) 삭피 성능 -----	82
다. 삭피기계 개발 -----	83
1) 시작기 설계제작 -----	83
2) 성능시험 -----	87
라. 요약 및 결론 -----	89
6. 알타리무 가공라인 개발 -----	90
가. 서언 -----	90
나. 알타리무 가공기계 -----	90
1) 구조와 작동원리 -----	90
가) 전체 구조 -----	90
나) 무 이송장치 -----	93
다) 무청 절단장치 -----	94
라) 무 뿌리꼬리 절단장치 -----	95
마) 무 선회장치 -----	96

바) 무 삭피장치 -----	97
사) 보조 선회장치 -----	99
아) 무 가공기계의 작동 원리 -----	100
2) 최적 삭피속도의 이론적 해석 -----	105
3) 시작기 설계제작 -----	110
4) 제어장치 개발 -----	111
5) 작업성능 -----	123
다. 세척장치 -----	125
1) 시작기 설계제작 -----	125
2) 작업성능 -----	127
라. 알타리무 가공라인 -----	128
1) 구성 -----	128
2) 작업성능 -----	128
마. 결론 -----	128
제2절 효율적 시스템 연구 -----	129
1. 알타리무 생산 및 가공현황 -----	129
가. 서언 -----	129
나. 알타리무의 종류 -----	129
다. 알타리무 생산과 가공 현황 -----	131
1) 알타리무의 재배 현황 -----	131
2). 알타리무 가공공장의 현황 -----	132
가) 조사대상 -----	133
나) 조사결과 -----	133
라. 결 론 -----	140
2. 알타리무의 물리적 특성 -----	141
가. 서언 -----	141
나. 재료 및 방법 -----	141
1) 시험재료 -----	141
2) 시험장치 및 방법 -----	141
가) 알타리무의 외형 -----	141

나) 알타리무의 단면적과 둘레 -----	142
다) 알타리무의 압축강도 및 전단강도 -----	143
라) 알타리무의 표면경도 -----	144
마) 무청의 비틀림모멘트 -----	144
다. 결과 및 고찰 -----	146
1) 알타리무의 외형 -----	146
2) 무청의 단면적과 둘레 -----	147
3) 뿌리부의 압축강도 -----	147
4) 접합부의 전단강도 -----	150
5) 알타리무의 표면경도 -----	151
6) 무청의 비틀림모멘트 -----	152
7) 저장기간에 따른 무청의 비틀림모멘트 -----	153
라. 요약 및 결론 -----	154
3. 가공라인 최적화 연구 -----	155
가. 서 언 -----	155
나. 자료조사 결과 -----	155
1) 알타리무의 가공공정 -----	155
2) 삭피방식 -----	155
다. 작업공정별 최적의 장치 및 기계 -----	156
라. 가공제품의 적용성 검증 -----	157
마. 경제성 분석 -----	160
바. 가공라인 모델정립 -----	166
사. 상품화 방향 -----	170
아. 요약 및 결론 -----	171
제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 -----	172
제5장 연구개발결과의 활용계획 -----	175
제6장 참고문헌 -----	177

제1장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발의 목적

김치는 우리나라 사람 누구나 즐겨 먹는 전통 음식이며, 세계적으로 널리 알려져 있는 우리 고유의 음식 중에 하나이다. 김치에 대한 음식문화는 세계적으로 잘 인식되어 있는 만큼 그 가공산업에 있어서도 중주국의 역할을 고수해야만 김치 수출의 발전을 가져올 수 있다. 김치의 종류는 사용재료에 따라 종류가 다양하지만 주로 배추김치, 알타리김치, 무 김치가 일반화된 종류로서 이중 무와 알타리무는 김치담그기 전에 무청 절단, 뿌리꼬리 절단 및 뿌리표피의 깎기작업이 필요하며 현재로는 인력에 의존하고 있는 실정이다.

무의 연간생산량은 약 165만 톤으로 이 중 알타리무는 20% 정도로 추정된다. 알타리무 재배면적은 전국적으로 1,500~2,000 ha에 달하며, 지역적으로는 서산, 영암, 평택, 화성 등지에서 전국 재배면적의 50% 이상을 점하고 있다. 현재 전국 60여개 공장에서 가공되는 알타리무 김치는 국내 김치 총 생산량의 8.5%까지 점하고 있으며, 알타리무는 1일 약 900 ton이 다양한 형태의 김치로 연중 가공되고 있는 것으로 조사되었다.

우리나라 식품수출 중 김치가 차지하는 비율은 점차 증가할 것으로 예상되나, 알타리무의 전처리 가공공정에 필요한 작업은 기계화의 기술이 개발되어 있지 않아서 인력에 의존하고 있는 실정이다. 김치용 알타리무의 전처리 가공공정은 선별-무청다듬기-뿌리꼬리절단-삭피-세척 등의 순으로 이루어지는데, 현재 기술적으로 기계화가 가장 어려운 것은 삭피공정으로, 아직까지 이 공정에 대한 기계화는 미흡하며, 자동화작업을 위한 기계화기술이 확립되지 못하고 있다. 이는 알타리무가 일반무보다 형태상으로 작고 또 외형이 균일하지 않으며, 또한 알타리무 김치의 특성상 무의 삭피공정에서 무청은 훼손되지 않으면서 몸통의 삭피가 이루어져야 하는 등의 어려움이 있기 때문이다.

연구개발의 목적은 알타리무 김치담그기 전의 전처리 가공시스템을 상품화 가능하게 개발하고, 개발된 기술을 산업화하여 김치공장 등의 김치 생산비 절감과 위생적인 가공이 가능하게 하는데 있다.

제2절 연구개발의 필요성

1. 기술적 측면

- 우리나라 식품수출 중 김치가 차지하는 비율은 매우 증가할 것으로 예상되나, 전처리 가공의 기계화는 미흡한 실정이다.
- 무의 김치를 담그기 전의 인력에 의한 전처리 가공공정은 선별-무청다듬기-삭피-세척의 순이며 전 과정은 인력에 의존하고 있는 실정이다.
- 무의 전처리 가공공정의 기계화의 기술이 개발되어 있지 않아서 농협과 김치공장의 재료납품회사 등은 무 전처리 가공을 인력으로 하고 있는 실정이다.
- 무의 전처리 가공공정을 자동화하기 위하여 현재 가장 기술적으로 어려운 공정은 무피깎기(삭피)이며, 아직까지 기계화를 해결하지 못하고 있으며 능률적 라인화 작업의 기계화기술이 확립되어있지 않다.
- 특히 알타리무는 일반무와는 형태상으로 작고 다중곡선의 외형을 가지고 있어서 삭피작업을 기계로 대처하는 기술의 개발은 단순히 이루어질 수 없으며 장치와 도구에 대한 깊은 연구가 병행되어야 가능하다.
- 알타리무의 삭피기계 및 전처리 가공라인이 개발되면 일반무의 김치 전처리 가공이 가능할 뿐만 아니라 김치공장의 무김치 자동화 기술이 정착될 수 있으며, 기계의 국내수요 및 수출의 활성화가 가속될 것이고, **이 분야 기술의 세계적인 우위를 확보할 수 있다.**

2. 경제·산업적 측면

- 최근 3년간 평균 무생산량은 1,650,000 M/T이며, 알타리무는 무생산량의 20%로서 330,000 M/T으로 조사되었다. 알타리김치/전체김치의 비율은 8.43%로 조사되었다.
- 우리나라 김치공장은 100여개소로서 알타리무는 60여개 김치공장에서 50%를 가공한다고 추정되며, 김치공장의 연간 알타리무 가공량은 17만톤으로 알타리무 1개당 무게 315g을 기준하면 알타리무 5.4억개/년의 가공숫자이다. 또한 일반무의 1개당 무게 800g을 기준하면 일반무 가공량은 80억개/년이다.

- 알타리무의 삭피를 기계화한다면 일반무의 기계삭피가 가능하므로 무의 김치 담그기 전의 가공공장에서의 전처리 가공비 절감이 80% 이상 가능하다.
- 김치공장에서 숙련자 1인의 알타리무의 가공속도는 약 90 초/개로 1일 8시간 320개의 가공이며, 연인원 200만인으로 600억/년의 비용이며, 기계화에 의하여 그 비용을 줄일 필요가 있다.
- 인력의 6배정도의 가공기계를 개발할 경우 전국에 필요한 기계대수는 1,500여 대, 시장규모는 750억원으로 농기계산업활성화에 크게 기여할 수 있다.
- 백화점 등 유통업에서 1차 가공된 무를 판매할 경우 김치공장과 맞먹는 수준의 경제효과가 있다.
- 김치는 우리나라 고유의 식품으로서 세계적으로 “김치”라는 이름 그대로 통용되며, 식품 수출산업에 있어서 매우 유망한 분야이다.
- 2001년 김치수출량은 29,213톤으로 전년에 비해 23% 증가한 것으로 나타났다.

3. 사회·문화적 측면

- 김치에 대한 음식문화는 세계적으로 잘 인식되어 있으며 그 가공산업에 있어서도 중주국의 역할을 고수해야만 김치 수출의 발전을 가져올 수 있다.
- 국민 생활수준의 향상과 맞벌이 부부의 가정이 급증하여 채소 등의 구매는 우리의 번거로움과 쓰레기 양을 줄이기 위하여 1차 또는 2차 가공 농산물을 선호하고 있다.
- 가공 무의 유통은 김치공장용과 가정용 모두 유망하나, 저렴한 가공비용으로 공급가격을 낮추어야 경쟁력이 있다.

제3절 연구개발의 범위

본 연구의 목적은 알타리무의 김치담그기 전의 작업공정을 기계화한 알타리무 가공라인을 상품화 가능한 수준으로 개발하는데 있으며, 목적 달성을 위하여 필요한 자료조사, 기초시험, 장치개발, 기계개발, 가공라인 개발 및 효율적 시스템 구성에 대한 연구를 수행하였다. 주요 연구개발 범위는 다음과 같다.

1. 기계 및 장치 개발
 - 알타리무 삭피용 칼날의 최적형상 구명
 - 무청 절단칼날의 최적형상 구명
 - 무 뿌리꼬리 절단칼날의 최적형상 구명
 - 고압수 분사에 의한 뿌리부 세척효과 구명
 - 삭피기계 개발
 - 세척장치 개발
 - 알타리무 가공라인 개발
2. 효율적 시스템 연구
 - 알타리무 생산 및 가공현황 조사
 - 알타리무의 물리적 특성 구명
 - 가공라인 최적화 연구
 - 상품화 모델과 방향 제시

제2장 국내외 기술개발 현황

- 1999년 참여기업에서 농협의 알타리무 전처리 가공사업에 참여하여, 컨베이어 라인을 설치한 바 있으나 무의 삭피를 기계화하는 기술과 효율적 라인화 기술의 난제에 부딪혀서 전처리 가공의 기계화를 이루지 못하였다.
- 구근류(당근, 감자, 고구마, 일반무 등)의 삭피 및 표면 청결장치는 식품공장이나, 기술전시회에서 선보이고 있지만 알타리무 삭피에 관련한 기술개발 결과는 찾아 볼 수 없었다.

제3장 연구개발수행 내용 및 결과

제1절 기계 및 장치 개발

본 절에서는 알타리무 전처리 가공과정 중 삭피, 청 절단, 뿌리꼬리 절단, 세척 작업에 적합한 장치를 고안, 설계 및 제작하여 기초시험을 실시하고, 그 결과를 이용하여 최적의 삭피기계와 가공라인을 개발한 내용을 정리하였다.

1. 알타리무 삭피용 칼날의 최적형상 구명

가. 서 언

가공공장에서 알타리무 김치의 생산 자동화를 위한 전처리공정은 선별, 무껍질 꺾기(이하 삭피), 무청다듬기, 세척 등으로 이루어진다. 전처리가공기계의 개발에서 가장 어려운 것은 삭피공정인데, 문헌조사와 김치공장의 현장방문 등을 통하여 조사한 결과, 이와 관련된 기계나 장치의 연구개발 사례는 거의 찾아 볼 수 없었다. 알타리무 전처리가공의 기계화가 어려운 이유는, 알타리무는 일반무에 비해 크기가 작고, 다중곡선의 외형, 형태와 품종의 다양성 등으로 인해 삭피작업에 대한 기계화 기술의 개발이 어렵고, 또한 알타리무 김치의 특성상 무청을 어느 정도 남긴 상태에서 김치를 만들어야 하는데, 이로 인해 삭피공정의 기계화가 더욱 어려운 것으로 생각된다.

본 연구는 알타리무 전처리 가공기계의 핵심인 삭피기계에 적용할 칼날의 형상을 결정하기 위하여 알타리무를 원주방향으로 회전시키면서 삭피하는 원주방향 삭피시험과 길이방향으로 이동시키면서 삭피하는 길이방향 삭피시험을 통해 적합한 삭피속도와 최적칼날 조건을 구명하였다. 그리고 이 결과를 이용하여 알타리무의 수확 후 경과일수에 따른 칼날의 적용 가능성도 확인하였다.

나. 재료 및 방법

1) 시험 재료

본 연구에 사용된 알타리무의 품종은 평강으로 경남 진주지역에서 2002년 7월 중순부터 8월 말 사이에 수확된 것이었다. 각 시험마다 2~5개씩의 알타리무를 임의 추출하여 측정된 결과, 공시 알타리무의 규격은 길이가 평균 94 mm, 머리부분은 직경 33 mm, 최단직경 30 mm 및 최장직경 39 mm로 조사되었으며, 측정값의 표준편차는 5이하로 그다지 크지 않으나, 길이의 경우는 14.7로 편차가 큰 것으로 나타났다. 또한 시험에 사용된 알타리무의 평균 함수율은 84%(wb)였다.

2) 시험 장치

가) 원주방향 삭피장치

알타리무가 원주방향으로 회전할 때 칼날각과 경사각의 변화에 따른 삭피저항을 구명하기 위하여 그림 1과 같이 삭피장치를 구성하였다. 선반의 회전에 알타리무를 회전시키기 위하여 선반의 척과 심압대에 주축대 돌리개(head carrier)와 심압대 돌리개(tail carrier)를 설치하여 알타리무를 고정시키고, 주축의 회전에 따라 알타리무가 회전 할 수 있도록 하였으며, 공구대에 삭피칼날 및 삭피저항 측정장치를 부착하였다. 삭피속도는 선반주축에 설치된 속도변환장치를 이용하여 조절하였다. 주축대 돌리개는 척에 고정시키기 위한 자루부와 알타리무를 고정시키기 위한 원판형 면판부로 제작하였고, 심압대 돌리개의 면판부는 주축대 돌리개와 같고, 심압대에 지지하기 위하여 자루부 끝에 60°의 홈을 만들었다. 선반에 의해 알타리무가 회전할 때 삭피칼날의 저항이 있어도 알타리무가 계속 회전할 수 있도록, 돌리개의 전면부에 직경 2 mm, 길이 10 mm의 핀을 돌리개 자루의 중심축과 동심의 직경 20 mm상에 등각으로 3개를 용접하여 고정하였다.

그림 2는 시험장치의 공구대에 설치한 삭피 칼날부와 삭피저항 측정장치의 구성도를 나타낸 것이다. 칼날이 알타리무를 삭피 할 때의 삭피저항이 로드셀에 손실 없이 전달되게 하고 삭피 칼날부 지지를 위하여 LM guide(Liner Motion guide, 이하 직선운동장치)를 설치하였다.

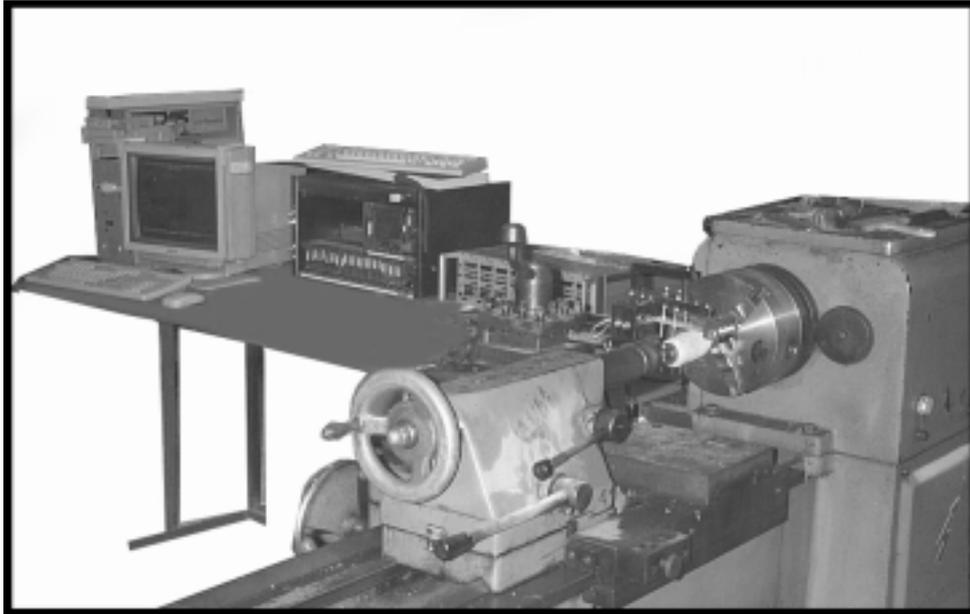


그림 1. 선반을 이용한 원주방향 삭피용 시험장치

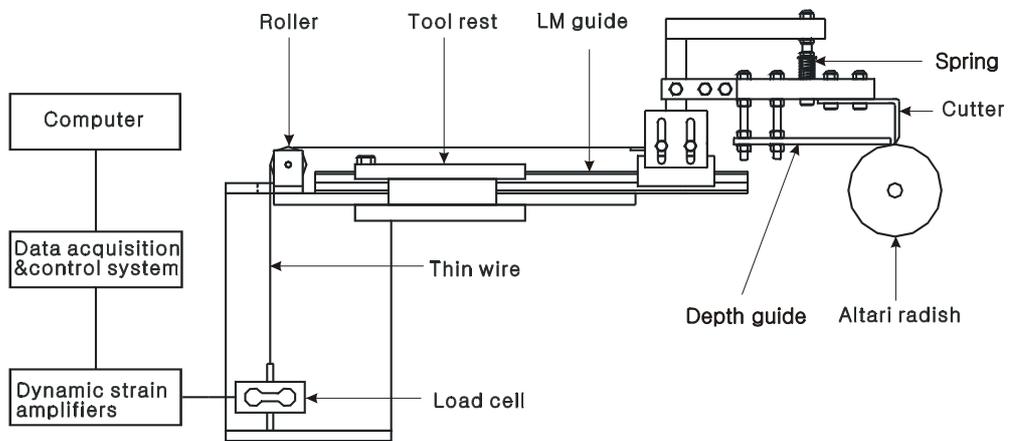


그림 2. 원주방향 삭피저항 측정을 위한 기구 및 장치

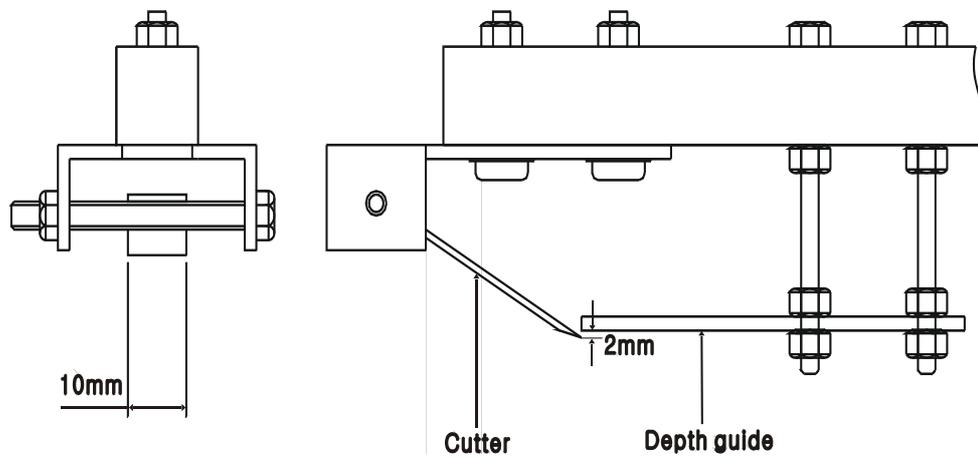


그림 3. 원주방향 삭피칼날의 부착 상세도.

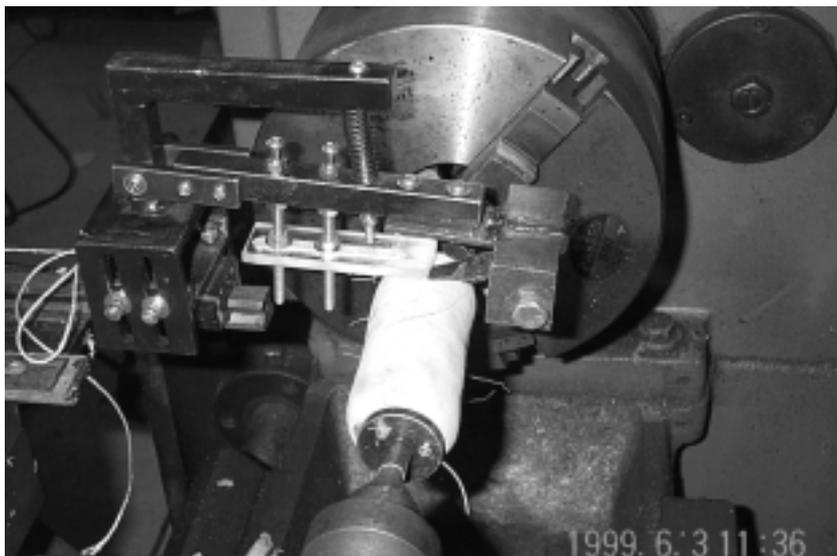


그림 4. 원주방향 삭피시험 광경

삭피 칼날부의 칼날이 회전하는 알타리무의 곡면 형태에 따라 상하로 자유로이 움직일 수 있도록 칼날 부착부가 삭피장치의 수직골조와 연결되는 부분을 힌지 형식으로 만들고, 중간부분에 압축스프링을 삭피장치 상단 수평골조에 설치하였다. 압축스프링의 축은 중간에 스프링 받침을 설치한 수나사로서 상부프레임에 결합하여 이 축의 조임에 의해 삭피칼날에 압력을 가하여 알타리무의 회전시 무 껍질에 칼날이 파고들도록 하였다. 알타리무를 삭피할 때의 삭피저항을 측정하기 위하여, 직선운동장치의 슬라이드 위에 설치한 삭피칼날부 프레임과 수직력 측정용 로드셀을 직경 1.5 mm의 부드러운 와이어로 연결하고 베어링롤러를 이용하여 수평력인 삭피저항을 수직력으로 전달되게 하였다. 삭피시 로드셀에 전달되는 삭피저항은 로드셀과 연결한 스트레인증폭기(DPM-700B, Kyowa co., Japan)에 의해 측정되게 하였다. 삭피저항의 측정은 스트레인증폭기의 아날로그출력을 데이터계측장치(System 10K7, Daytronic co., U.S.A)에 입력시켜 디지털값으로 변화시키고 RS232C 통신을 통해 컴퓨터로 데이터를 처리하였다. 데이터처리 프로그램은 Quick Basic을 이용하였다.

그림 3은 칼날부착부의 상세도이다. 알타리무의 삭피시험시 무가 깎이는 깊이는 깊이조절용 가이드를 설치하여 2 mm로 일정하게 유지하였고, 칼날이 고정되는 부분과 칼날 가이드 부분에 공간을 주어 삭피된 무의 껍질이 제거 될 수 있도록 하였다. 또한 경사각의 조정에는 칼날 고정부의 볼트와 너트를 이용하였다.

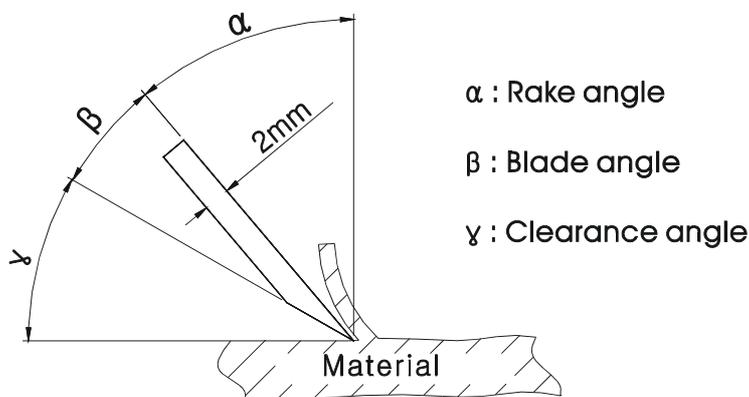


그림 5. 삭피칼날의 각도 정의

그림 5는 알타리무 삭피를 2차원적으로 정의한 각도인데, 경사각(α)과 칼날각(β)은 칼날의 형상을 나타내는 시험조건으로 사용한 것이며 여유각(ψ)은 참고용으로 측정된 것이다. 따라서 본 시험에서는 고탄소강(SM45C) 재질로 두께 2 mm, 폭 10 mm의 칼날을 제작하고 숫돌로 가공한 후 #300 사포로 날을 세워 사용하였다.

그림 6은 시험에 사용한 로드셀에 부과되는 무게와 스트레인 증폭기로 출력되는 전압과의 관계에 대한 선형회귀식을 도출한 것이다. 이 선형회귀식은 알타리무 삭피시 칼날에 걸리는 삭피저항을 측정하기 위하여 사용하였다. 척도설정은 로드셀에 부착된 평판 위에 일정한 무게를 부과하였을 때 출력되는 전압을 측정하여 선형회귀식($R^2=0.99996$)을 구하였다.

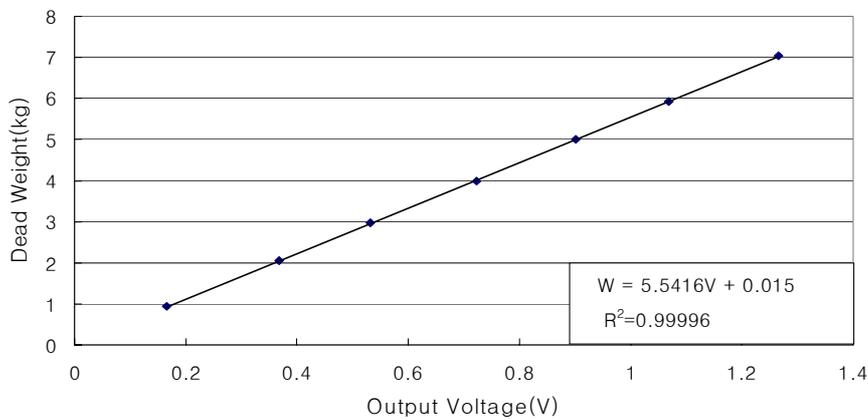


그림 6. 삭피저항 측정장치의 척도설정 결과.

나) 길이방향 삭피장치

그림 7은 알타리무의 길이방향 삭피성과 삭피저항을 측정하기 위하여 제작한 시험장치를 나타낸 것이다. 본 장치의 삭피 칼날부 및 삭피저항 측정장치는 그림 2의 원주방향 삭피시험에서와 동일한 구조를 사용하여 무 직선이송장치부와 함께 철제 프레임에 설치하였다. 알타리무의 직선이송장치는 2개의 슬라이더 위에 알타리무 고정부를 설치하고 이 프레임을 공압실린더와 연결하여 구성하였다. 공압실린더의 작동으로 알타리무가 직선으로 이송할 때 알타리무의 상부에 설치한 칼

날에 의해 길이방향 삭피가 이루어지게 하였다. 삭피속도는 공압실린더의 공기압으로 조절하였다.

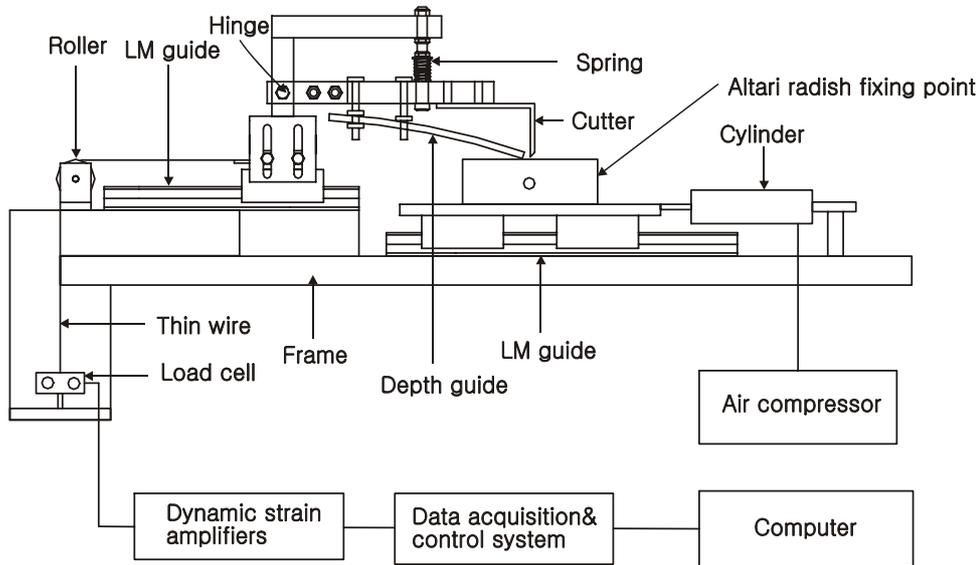


그림 7. 길이방향 삭피시험 및 삭피저항 측정장치

3) 시험 방법

알타리무를 삭피할 때 칼날에 가해지는 힘과 삭피속도는 알타리무의 연속삭피를 가능하게 하는 요인이다. 본 시험에 앞서 실시한 시험에서, 칼날에 너무 많은 힘을 가하면 칼날이 무 속으로 파고들었으며, 너무 낮으면 칼날이 무피에 파고 들지 않고 미끄러지는 현상이 일어났다. 또 삭피속도가 너무 빠르면 칼날이 튀어 오르면서 진동충격운동을 하여 연속삭피작업이 이루어지지 않았다. 따라서 본 삭피시험에서는 스프링을 이용하여 칼날에 가해지는 힘을 13 N으로 일정하게 조정하였으며, 삭피속도는 칼날이 튀지 않고 연속작업이 가능한 범위로 한정하였다.

가) 원주방향 삭피시험

시험에 사용한 알타리무는 수확 후 1일이 지난 것을 임의 선정하여 사용하였다. 표 1은 삭피저항 측정시험에서의 삭피속도, 칼날각 및 경사각의 시험구 배치를 나타낸 것이다. 원주방향 삭피시험에서 알타리무의 회전속도는 저속 60 rpm, 중속 115 rpm 및 고속 170 rpm 등의 세 단계로 분류하여 시험을 실시하였다. 각각의 칼날회전 속도에 대하여, 칼날각 10°의 경우, 칼날의 경사각이 각각 45°, 50°, 55°, 60°, 65°, 70°로 6처리, 칼날각 20°의 경우, 경사각이 각각 45°, 50°, 55°, 60°, 65°의 5처리, 그리고 칼날각 30°의 경우에는 칼날각 45°, 50°, 55°의 3처리 등, 총 14처리로 하였다. 이들은 여유각이 있으면서 2차원 삭피가 가능한 각도이며, 칼날각 10°는 날의 강도를 고려한 최소각도이다. 삭피깊이는 껍질부의 평균 두께인 2 mm로 설정하였고, 각 시험은 5회씩 반복하여 실시하였다.

나) 길이방향 삭피시험

(1) 홈형 삭피시험

그림 3에서와 같이 칼날 폭이 10 mm로 일정한 것을 사용한 삭피방식을 홈형 삭피로 정의하고, 이 경우는 삭피 후의 무 표면은 홈 형태로 파여진 모습이 된다.

시험에 사용한 알타리무는 수확 후 1일이 지난 것을 임의 선정하여 사용하였다. 알타리무를 길이방향으로 삭피할 때의 삭피속도는 각각 0.1 m/s, 0.15 m/s 및 0.2 m/s로 하였으며, 칼날의 경사각, 칼날각 및 삭피깊이, 시험회수 등은 원주방향 삭피시험에서와 같은 조건으로 하였다.

표 1. 원주방향 삭피(CP) 및 길이방향 삭피(LP)의 시험조건

Peeling speed	Cutter shape	
	β	α
60 rpm(CP), 0.1 m/s (LP)	10°	45°, 50°, 55°, 60°, 65°, 70°
	20°	45°, 50°, 55°, 60°, 65°
	30°	45°, 50°, 55°
115 rpm(CP), 0.15 m/s (LP)	10°	45°, 50°, 55°, 60°, 65°, 70°
	20°	45°, 50°, 55°, 60°, 65°
	30°	45°, 50°, 55°
170 rpm(CP), 0.2 m/s (LP)	10°	45°, 50°, 55°, 60°, 65°, 70°
	20°	45°, 50°, 55°, 60°, 65°
	30°	45°, 50°, 55°

(2) 평면형 삭피시험

그림 3에서와 같이 칼날 폭이 10mm로 일정한 경우는 삭피 후의 무 표면은 홈 형태로 파여진 모습이 된다. 실제로 무를 삭피할 때는 삭피된 무의 표면이 평면이어야 하므로 칼날 폭을 키워서 삭피된 면이 평면을 가질 수 있도록 고려한 삭피시험이 필요하다.

① 절삭 칩의 형태 조사

무의 삭피는 표면의 긁기(Scraping)와 깎기(Cutting) 작업으로 이루어지며, 일반적으로 긁기작업은 칼날이 무 표면과 수직 또는 둔각으로 진행될 때의 작업이며 깎여진 칩은 파단된 모습을 보인다. 파단된 모습의 칩의 종류는 전단형과 열단형으로 구분되나 본 연구에서는 모두 전단형으로 정의하기로 한다. 절삭된 칩이 파단되지 않고 연속으로 이어지며 절삭면이 매끈하게 되는 경우 이때 생성되는 칩을 유동형 칩이라 한다. 유동형 칩이 형성되는 것은 칼날의 경사각과 관련이 깊으며, 경사각이 클수록 유동형 칩이 구성되기 쉽다는 것이 일반론이다. 시중에서 판매되는 알타리무 김치의 뿌리표면은 매끈하게 가공되어 상품성을 올리고 있으므로 유동형 칩을 생성하는 칼날각과 경사각의 한계를 조사할 필요가 있다.

그림 8은 평면형 삭피방법을 나타낸 것이다. 시험장치는 홈형삭피기와 동일한 장치를 사용하였고, 다만 칼날은 완전한 삭피를 위해 폭 50 mm인 스테인레스강의 칼날을 사용하였다.

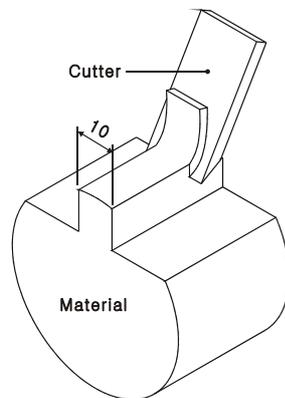


그림 8. 평면형 삭피 방법

본 시험의 시험구 배치는 표 1과 동일하다. 시험순서는 먼저 삭피속도 0.1 m/s, 칼날각을 10° 로 고정하고, 경사각을 0° ~ 60° 사이에서 5° 간격으로 변경하여 삭피시험을 실시하고 칩의 형태를 조사하였다.

시험한 삭피속도는 0.1, 0.2, 0.3 및 0.4m/s 이며, 칼날각은 10° , 20° , 30° 및 40° 이다. 각 시험은 3회씩 실시하였으며 칩과 삭피면을 육안으로 확인하여 유동형 칩의 형성 여부를 확인하였다.

② 삭피저항 측정

알타리무를 삭피할 때 삭피부 측면의 전단 저항을 제거하고, 순수 절삭 저항만을 측정하기 위하여 그림8과 같이 알타리무의 상단의 폭을 10mm로 길이방향으로 남기고 나머지는 잘라낸 시편을 만들고 그림 7의 장치로 절삭저항을 측정하는 시험을 실시하였다. 삭피저항 측정을 위한 시험구배치는 표 1과 동일하며, 삭피속도 3종류, 칼날각과 경사각 각각 14종류 등 총 42종류의 시험을 각각 5회 반복하여 시험을 실시한다.

다) 수확 후 경과일수에 따른 삭피시험

알타리무의 수확 후 경과 일수에 따른 삭피 적응성을 알아보기 위하여 원주방향 및 길이방향 삭피시험 결과 얻어진 최적의 칼날 조건으로 수확 후부터 무청이 상하기 시작하는 수확 후 4일까지 삭피시험을 실시하였다. 원주방향 삭피시험은 2002년 8월 19일에 경매된 알타리무를 오전에 구매하여 당일 즉 수확 후 1일부터 매일 오후 1시에 20회반복 시험하였고, 길이방향 삭피시험은 2002년 8월 26일에 구매한 알타리무를 대상으로 원주방향 삭피시험과 같은 방법으로 실시하였다.

시험은 원주방향 삭피시험에서 얻어진 최적의 칼날 조건 및 시험방법으로, 재료는 2002년 8월 19일 경매된 알타리무를 오전에 구매하여 당일(수확 후 1일 경과)부터 매일 오후 1시에 시험을 실시하였다. 또 길이방향 삭피저항 시험에서 결정된 최적의 칼날 조건 및 시험방법으로, 2002년 8월 26일 구매한 알타리무를 이용하여 무청이 상하기 시작하는 수확 후까지 4일 동안 시험을 실시하였다. 각 시험은 동일 조건에서 20회 반복 실시하였다.

다. 결과 및 고찰

1) 원주방향 삭피시험

원주방향 삭피시험에 사용된 알타리무의 평균직경은 35 mm이었는데, 이 값을 이용하여 원주방향 삭피시험의 선속도를 구하면 저속 60 rpm은 0.11 m/s, 중속 115 rpm은 0.21 m/s, 그리고 고속 170 rpm은 0.31 m/s로 각각 산정되었다. 그림 9는 원주방향 삭피시험시 삭피속도 115 rpm, 칼날각 20°의 경우 경사각의 변화에 따른 삭피표면의 예를 나타낸 것이다. 삭피시험 조건별 5회 반복시험을 합쳐 총 630회의 시험을 실시한 결과를 육안으로 검사한 삭피표면의 거칠기는 삭피속도, 칼날각, 경사각의 변화에 따른 차이가 거의 없는 것으로 나타났다. 이것은 시험장치의 특성상 최종 삭피표면은 수회 반복 절단한 것으로 모두 매끈하게 가공되었기 때문으로 생각된다. 삭피된 껍질(칩)은 원활한 삭피가 이루어지지 않고 균열형과 전단형으로 나타났는데, 이것은 삭피방향이 무의 섬유방향과 직각으로 설정되었기 때문으로 판단된다.

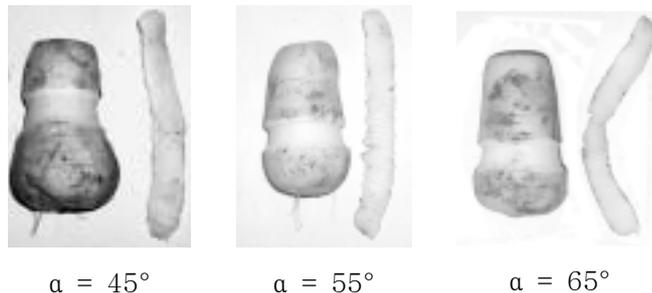


그림 9. 원주방향 삭피 후의 삭피면과 칩의 모양
(칼날각 20°, 삭피속도 115rpm)

그림 10은 원주방향 삭피시험에서 삭피속도 60 rpm, 칼날각 20°, 경사각 55°일 때 시간의 흐름에 따른 삭피저항의 변화를 나타낸 것이다.

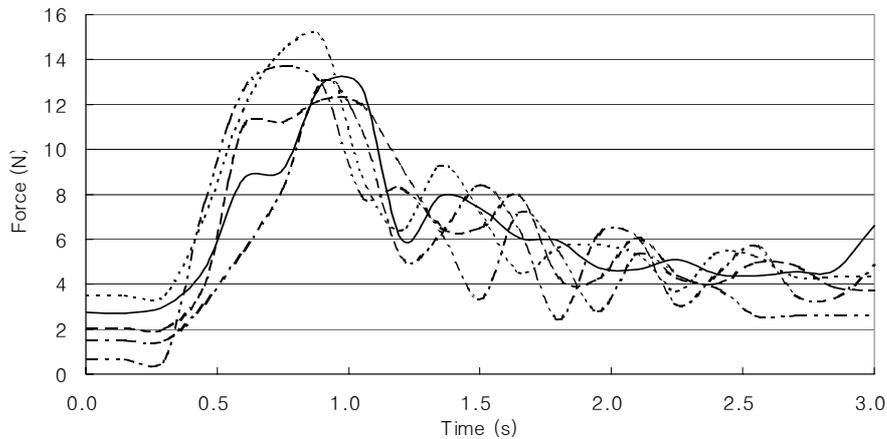


그림 10. 원주방향 삭피 시의 삭피저항 측정결과 예.

그림 10에서와 같이 삭피 시작 시점인 0.5초 부근에서 삭피저항이 급격히 증가하였다가, 알타리무가 한바퀴 회전하는 약 1초 후에는 삭피저항이 크게 감소하였는데, 이는 무의 1회전에서 대부분의 껍질은 제거되고 그 이후의 잔류저항은 깊이 조절용 가이드 부분의 접촉에 의한 마찰저항인 것으로 판단된다. 알타리무 이송에 의한 연속삭피시 삭피저항은 침두저항으로 연속되므로, 이하에 언급되는 삭피저항은 모두 침두저항값으로 하였다.

그림 11은 알타리무의 원주방향 삭피시 칼날각과 경사각의 변화에 따른 삭피저항의 변화를 각 회전수별 평균값으로 나타낸 것이다. 전반적으로 칼날각이 작아지고 삭피속도가 증가함에 따라 삭피저항은 감소하는 것으로 나타났다. 칼날각 10°의 경우의 삭피저항은, 삭피속도 60 rpm, 경사각 60°일 때 12.3 N, 삭피속도 115 rpm, 경사각 55°일 때 11.8 N, 삭피속도 170 rpm이고 경사각이 55°일 때 11.3 N으로 각각 최소값을 나타내었다. 이때 최소 삭피저항을 보인 경우의 경사각을 벗어나면 삭피저항이 증가하는 것으로 나타났다. 칼날각이 20° 경우 경사각에 따른 삭피저항의 변화는 칼날각 10°일 때와 비슷한 경향으로 나타났는데, 삭피속도 60 rpm, 경사각 60°일 때 13.4 N, 삭피속도 115 rpm, 경사각 60°일 때 13.3 N, 또 삭피속도 170 rpm, 경사각 60°일 때의 삭피저항은 12.1 N으로 각각 최소치를 나타냈고, 이들 각을 벗어나면 다시 높아지는 경향이였다. 칼날각이 30°일 경우에는 삭피속도 115 rpm, 경사각 55°에서의 삭피저항이 13.5 N으로 가장 낮은 값을 보

였으며, 다른 조건의 경우는 경사각이 낮아질수록 삭피저항은 약간씩 높아지는 경향을 보였다. 삭피속도 170 rpm (0.31 ㎥)에서는 칼날부의 진동이 약간 수반되고 삭피깊이의 굴곡부가 발생하였다. 따라서 삭피가 가능한 삭피속도 범위를 115 rpm (0.21 ㎥)로 한정할 때의 최적 칼날의 형상은 칼날각이 10°, 경사각이 55°인 것으로 판단된다.

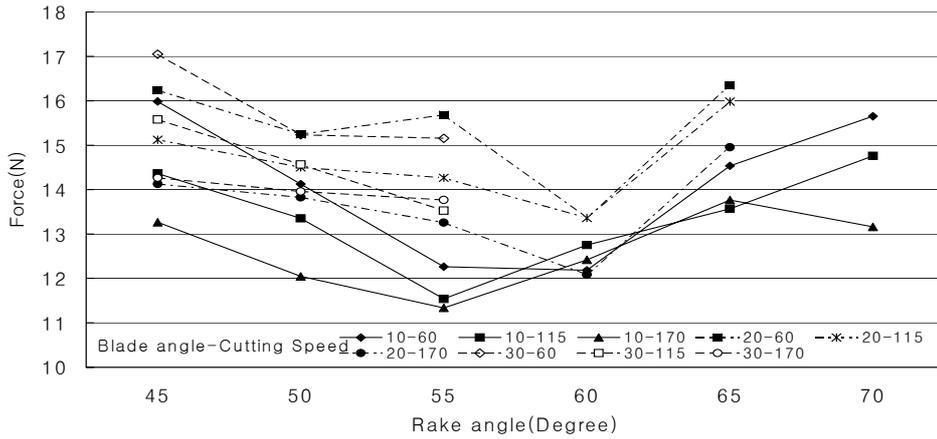


그림 11. 원주방향 삭피 시 칼날각(β)과 여유각(α)에 따른 평균 침투절삭저항

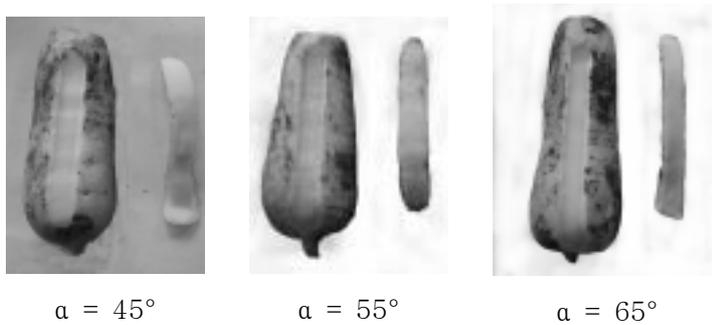


그림 12. 길이방향 홈형 삭피 후의 삭피면과 칩의 모양

2) 길이방향 삭피시험

가) 홈형 삭피시험

그림 12는 길이방향 홈형 삭피시험시 칼날각 10°, 삭피속도 0.15 ㎥/일 때의 삭피표면을 경사각별로 나타낸 것이다. 원주방향 시험에서와 같이 길이방향 삭피시험에서도 삭피속도, 칼날각 및 경사각에 따른 삭피표면의 거칠기의 차이는 육안으로 구별되지 않았다. 그러나 삭피된 칩은 경사각 45°에서 전단형으로 나타났으며, 경사각 55°이상에서는 연속된 칩인 유동형으로 나타났다.

그림 13은 길이방향 홈형 삭피시험에서 삭피속도 0.2 ㎥, 칼날각 20°, 경사각 55°일 경우의 삭피저항 변화를 나타낸 것이다. 삭피초기에 삭피저항이 나타나지 않은 이유는 칼날이 알타리무 위에 올려진 후 직선운동을 시작하여 삭피하지 않고 이동하기 때문이며, 칼날이 알타리무를 삭피하기 시작하면 저항이 급속히 증가하여 삭피가 진행함에 따라 최대저항이 나타나고 삭피가 끝나면 삭피저항은 소멸하였다. 삭피저항의 피크 지속시간이 짧은 것은 알타리무의 길이방향 삭피길이 짧기 때문이다. 원주방향 삭피시와 마찬가지로 길이방향 삭피시의 삭피저항은 모두 칩두값으로 하였다.

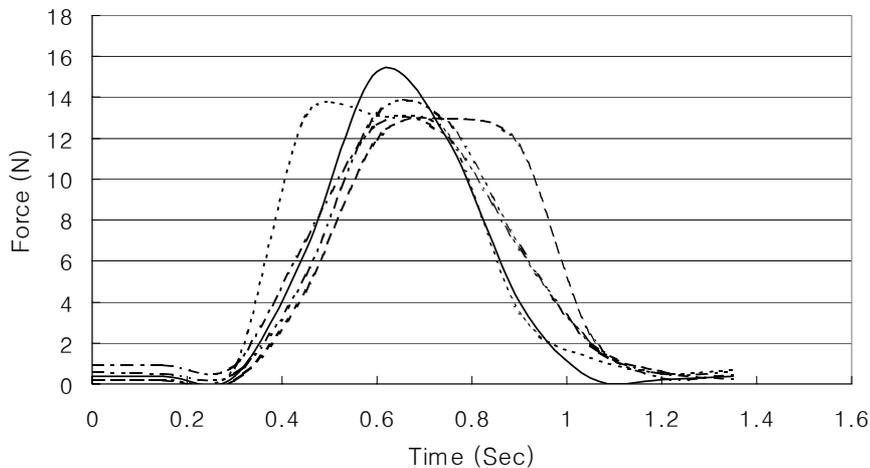


그림 13. 길이방향 삭피 시 삭피저항의 측정 결과 예.

그림 14는 알타리무의 길이방향 홈형 삭피시 사용한 칼날각과 경사각의 변화에

따른 삭피저항의 변화를 삭피속도별로 나타낸 것이다. 삭피속도에 따른 삭피저항의 변화는 일정한 경향이 없이 칼날형상에 따라 다르게 나타났다. 칼날각 10° 경우의 삭피저항은, 삭피속도 0.1 ㎥, 경사각 50°일 때 13.1 N, 삭피속도 0.15 ㎥, 경사각 55°일 때 11.9 N, 그리고 삭피속도 0.2 ㎥, 경사각 55°일 때의 삭피저항은 13 N 등의 최소값으로 나타났다. 칼날각 20°의 경우 삭피저항의 변화는 경사각 55°~ 60°에서 13.4~13.9 N으로 최소 삭피저항을 가지며, 경사각이 이 범위를 벗어나면 삭피저항이 높아지는 것으로 나타났다. 칼날각 30°인 경우에는 삭피속도 0.1 ㎥, 경사각 50°에서 최소 삭피저항인 13.4 N으로 나타났다. 따라서 최적 조건은 삭피속도 0.15 ㎥, 칼날각 10° 및 경사각이 55°일 때인 것으로 판단된다.

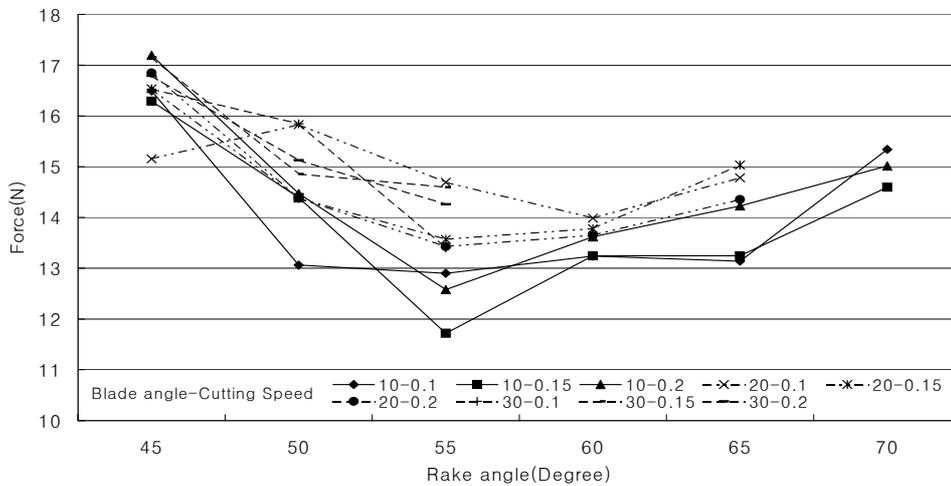


그림 14. 길이방향 삭피 시 칼날각(β)과 여유각(α)에 따른 평균 침두절삭저항

이상의 시험 결과 삭피저항은 칼날이 튀지 않는 삭피속도 이내에서는 삭피속도의 영향보다는 칼날형상의 영향이 높았으며, 특히 칼날각보다 경사각의 영향이 더 큰 것으로 나타난 바 이는 칼날이 튀지 않고 무피에 파고 들어 삭피가 가능한 최대속도 이내로 한정하여 그 영향이 미미하였기 때문이다. 경사각은 무의 삭피된 칩이 무에서 이탈할 때 마찰력을 일으키는 가장 큰 요인으로, 경사각이 클수록 마찰력이 작게 되지만 일정값 이상으로 크게 되면 칼날 뒷면과 삭피면이 이루

는 여유각이 작아져 뒷면 마찰력이 증가하는 현상이 일어나게 된다. 따라서 칼날의 앞면 마찰력과 뒷면 마찰력을 작게 하려면 칼날각을 작게 하여야하고 적합한 경사각을 가져야 하는데, 알타리무의 경우 칼날각 10°, 경사각 55°에서 이들 저항이 최소가 되는 것으로 추정할 수 있었다. 두 시험에서 삭피표면의 시험조건별 거칠기는 육안으로 판별하기가 어려웠으나 길이방향 삭피의 경우 원주방향 삭피시보다 매끈한 표면을 나타내었다. 그 판단의 근거로 삭피칩의 모양을 조사하였는데, 원주방향 삭피시 삭피칩은 모두 짧게 파단된 균열형 내지 전단형으로 나타났고, 길이방향 삭피시 칼날 경사각 55°이상에서는 유동형으로 나타나, 길이방향 삭피가 원주방향 삭피보다 매끈한 삭피표면을 나타낸 것으로 판단된다.

나) 평면형 삭피시험

(1) 절삭 칩의 형태

그림 15는 칼날의 경사각을 달리하여 삭피한 무의 절삭 칩과 무의 절삭면을 사진으로 나타낸 것이다. 극단적인 경우로서 칼날의 경사각이 0° 로써 절삭하는 경우는 칼날의 전면이 절삭면(무 표면)과 수직으로 절삭하는 것으로서 굽은 형태의 절삭이며, 칼날의 경사각이 60° 로써 절삭하는 경우는 칼날의 전면이 절삭면(무 표면)과 30° 로 절삭하는 것으로서 깎기 형태의 절삭인 것으로 나타났다. 굽기 형태의 절삭에서 깎기 형태의 절삭으로 갈수록 즉, 경사각이 커질수록 전단형 칩에서 유동형 칩으로 변화되는 것으로 나타났다.

유동형 칩으로 결정하는 조건은 절삭 칩이 파단되지 않고 연결되며, 절삭면이 육안으로는 거친 부분이 없고 매끈한 것일 때로 하였으므로 알타리무의 삭피가 가능한 경사각으로 볼 수 있다. 시험방법에서 제시한 조건내의 삭피속도와 칼날각 그리고 경사각을 변화시키면서 절삭 칩의 모양을 조사한 결과, 전단형 칩과 유동형 칩의 경계인 유동형 칩으로 형성되는 경사각은 45° 이며, 삭피속도와 칼날각의 영향은 없는 것으로 나타났다. 따라서 알타리무의 삭피표면이 매끈하게 되는 칼날의 경사각은 45° 이상인 것으로 나타났다.

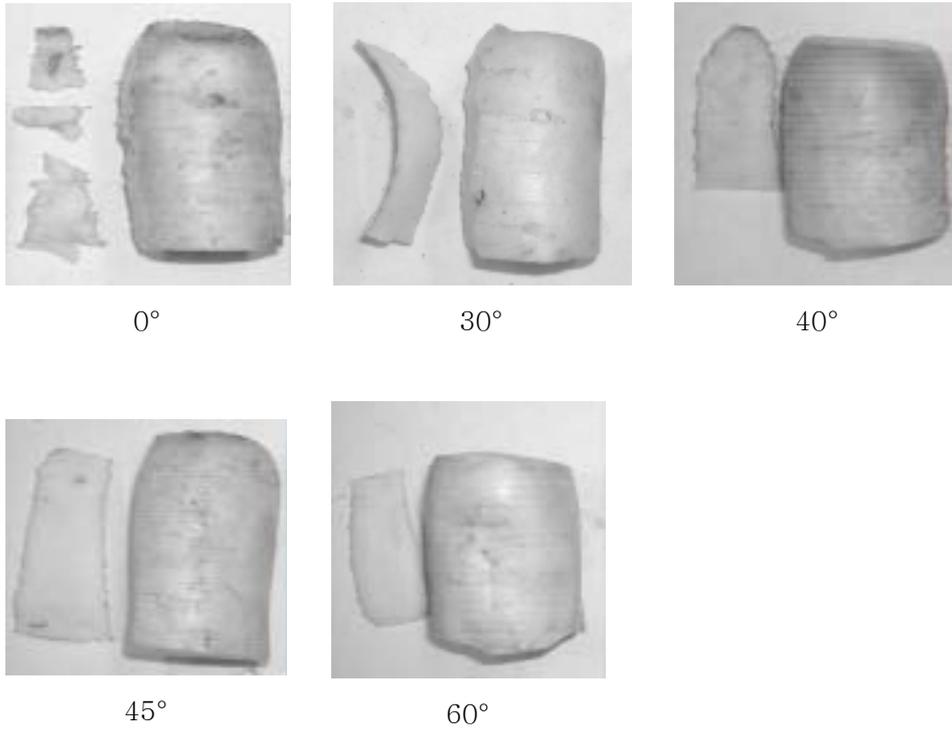
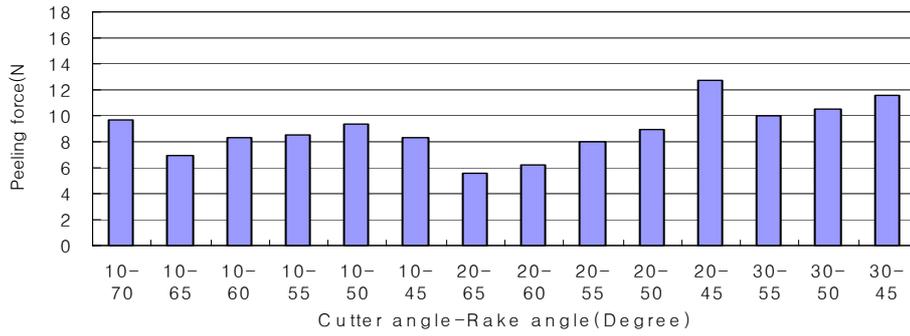


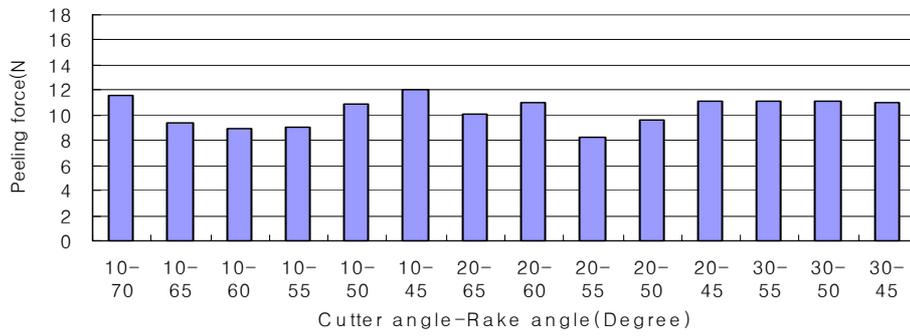
그림 15. 평면형 삭피 시 경사각에 따른 삭피된 알타리나무 비교

(2) 삭피 저항

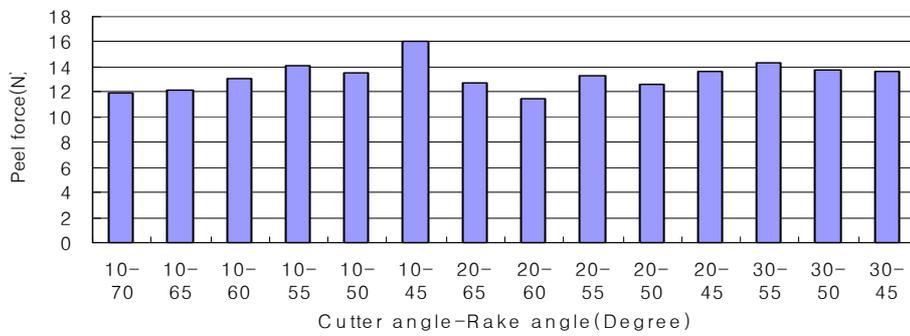
그림 16은 칼날각과 경사각의 변화에 따른 삭피 저항의 변화를 나타낸 것이다. 전체적으로 삭피 속도가 빠를수록 삭피 저항이 크게 되는 경향으로 나타났다. 절삭이론에서 경하고 취성인 재료는 경사각이 작은 것이, 연하고 인성인 재료는 경사각이 큰 것이 절삭저항이 작게 되는 것이 일반적이다. 칼날의 뒷면과 절삭면이 이루는 각인 여유각은 칼날과 면의 마찰력을 최소화 하기위해 일정의 크기($10^{\circ} \sim 20^{\circ}$)가 필요하므로 최적 칼날각은 경사각에 반비례한다. 따라서 재료에 따라 절삭저항이 가장 작게 되는 칼날각과 경사각은 정해지며, 다만 절삭속도가 빠를수록 경사각이 크게 되는 경향이 있다고 알려져 있다.



0.1 m/s



0.2 m/s



0.3 m/s

그림 16. 길이방향 평면형 삭피 시 삭피속도별 칼날각과 경사각에 따른 삭피저항

알타리무의 껍질부는 매우 연하면서도 질긴(인성) 재질에 속하므로 금속의 최적 경사각 5~20°보다 매우 클 것으로 예상된다. 그림 16의 결과는 이상과 같은 이론이 잘 반영될 수 있는 결과로서 나타났으며, 알타리무 삭피용 칼날의 경사각은 55°~65°사이로 나타남을 확인 할 수 있었다. 칼날 각은 마찰이 최소화 되는 여유각을 5°~10°로 주면 좋지만 칼날이 너무 얇은 경우(칼날각 10°)는 칼날이 무에 파고드는 경향이 있어서 오히려 절삭저항이 증가하는 것으로 판단된다. 그림 16에서 알 수 있듯이 알타리무 껍질의 평면삭피 시 삭피저항이 최소로 되는 칼날각은 20°, 경사각은 60°인 것으로 판단된다. 진절에서 구명한 최대 삭피속도 0.2m/s에서 삭피저항은 8N 정도로 나타났는데, 이는 삭피폭이 10mm인 경우이며, 실제의 삭피시 삭피폭이 15 mm로 넓고 질기고 단단한 껍질부가 얇게 절삭되는 조건을 감안하면 칼날 1개당 삭피저항은 15 N으로 추정된다.

실제의 알타리무 삭피는 평면형 삭피로 수행되므로 기계 삭피방식을 이 방식을 적용할 경우 최적의 삭피조건으로 속도는 0.2m/s, 칼날각은 20°, 경사각은 60°인 것으로 판단되며, 이 조건에서 칼날 1개당 삭피저항은 15N으로 추정되었다.

3) 수확후 경과일수에 따른 삭피저항

그림 17은 원주방향 삭피시험시 수확 후 경과일수에 따른 최대 삭피저항의 평균값을 나타낸 그래프이다. 삭피조건은 알타리무의 원주방향 삭피시험시 최소 삭피저항을 나타낸 조건인 삭피속도 170 rpm, 칼날각 10°, 경사각 55°일 때로 하였다. 수확 후 1일 경과 시에는 12.5 N의 삭피저항에서, 수확 후 경과일수가 길어질수록 무피가 건조되어 조직이 질겨지기 때문에 무피의 삭피저항이 약간씩 높아지다가 4일 경과시에는 약 15.8 N까지 증가하였다. 조사결과 무청이 시들어 김치의 상품화가 불가능한 기간은 수확 후 4일 이었으며, 이 기간동안에는 적용 칼날에 의한 삭피작업은 문제가 없을 것으로 판단된다.

그림 18은 길이방향 삭피시험시 수확 후 경과일수에 따른 최대 삭피저항의 평균값을 나타낸 것이다. 수확 후 1일 경과한 8월 26일 에는 약 14.0 N의 삭피저항이 나타났고, 수확 후 경과일수가 길어질수록 무피가 건조되어 가기 때문에 삭피저항이 약간씩 증가하여 시험 마지막 날인 8월 29일에는 약 15.2 N가량의 삭피저항이 측정되었다. 수확 후 5일째 되는 날인 8월 30에는 무청이 상하기 시작하고 신선도가 떨어지는 경향을 보였다. 따라서 본 시험 결과는 무청의 신선도가 유지

되는 한계인 수확 후 약 4일간은 적용이 가능할 것으로 판단된다.

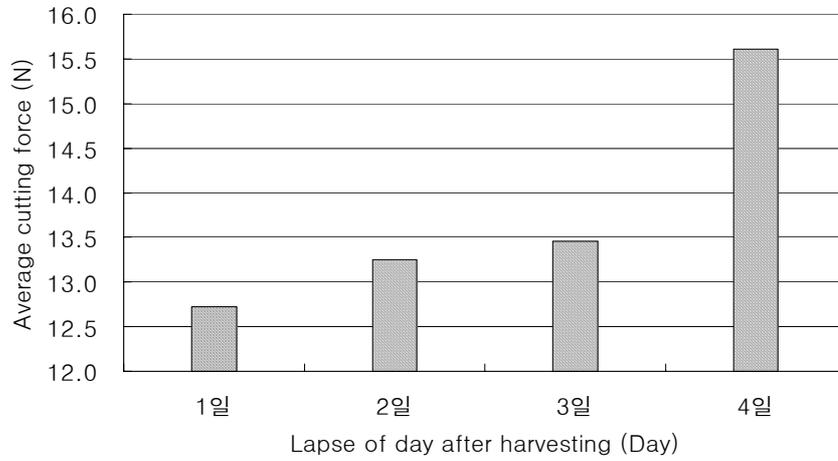


그림 17. 수확 후 경과일수에 따른 알타리무의 침두삭피저항
(원주방향 삭피, 8월 18일 수확)

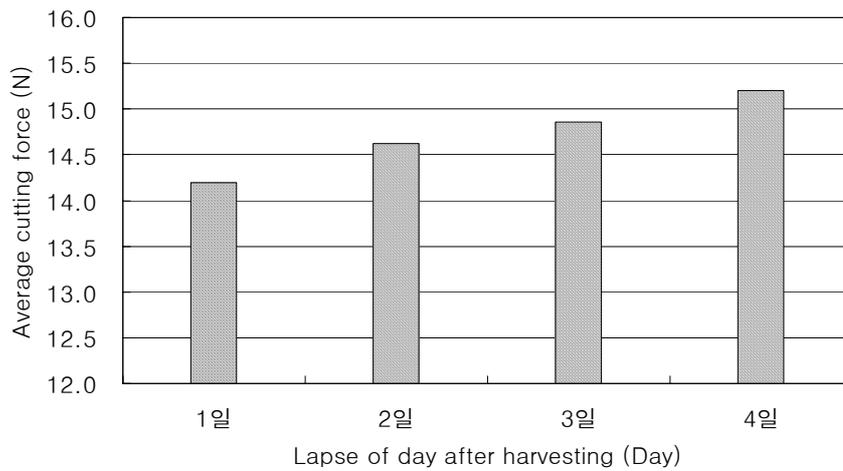


그림 18. 수확 후 경과일수에 따른 알타리무의 침두삭피저항
(길이방향 삭피, 8월 25일 수확)

라. 요약 및 결론

알타리무김치의 전처리가공시스템 자동화에 있어서 중요한 삭피작업의 기계화를 위한 삭피칼날의 최적형상을 구명하기 위하여 알타리무에 대한 원주방향과 길이방향 삭피시험을 실시하였다. 칼날이 튀지않고 무피에 파고 들면서 연속작업이 가능한 삭피속도이내에서 삭피깊이 2 mm, 삭피폭 10 mm로 삭피시험을 실시하고 삭피저항을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 원주방향과 길이방향 삭피시 삭피저항은 삭피속도의 영향보다 칼날형상의 영향이 높았으며, 칼날형상 요인에서는 칼날각보다 경사각의 영향이 더 큰 것으로 나타났는데, 원활한 삭피가 이루어지는 최대삭피속도는 0.2 m/s였다.
- 2) 원주방향과 길이방향 홈형 삭피시험에서 삭피저항과 삭피면 거칠기를 고려할 때 가장 적합한 칼날형상은 칼날각 10°, 경사각 55°인 것으로 나타났다.
- 3) 삭피표면은 길이방향 삭피가 원주방향 삭피시보다 매끈하게 가공되는 것으로 확인되었다.
- 4) 평면형 삭피 시 알타리무의 삭피표면이 매끈하게 되는 칼날의 경사각은 45° 이상인 것으로 나타났다.
- 5) 평면형 삭피 시 삭피저항이 최소로 되는 칼날각은 20°, 경사각은 60°인 것으로 나타났다.
- 6) 수확 후 경과일수에 따른 원주방향과 길이방향 삭피시험에서는 수확 후 경과일수가 길어질수록 삭피저항이 약간씩 증가하는 것으로 나타났으며, 알타리무의 상품성이 유지되는 수확 후 4일까지는 본 시험에서 결정된 칼날에 의한 삭피작업이 가능한 것으로 판단되었다.
- 7) 실제의 알타리무 삭피는 평면형 삭피로 수행되므로 기계 삭피방식을 이 방식을 적용할 경우 최적의 삭피조건으로 속도는 0.2 m/s, 칼날각은 20°, 경사각은 60°인 것으로 판단되며, 이 조건에서 칼날 1개당 삭피저항은 15 N으로 추정되었다.

2. 무청 절단칼날의 최적형태

가. 서언

알타리무 전처리 가공시스템의 공정은 알타리무 정렬, 무청과 뿌리꼬리 제거, 삭피, 세척의 순으로 이루어진다. 알타리무 김치의 소재로는 무청이 일정길이로 뿌리부에 붙은 뿌리부와 끝잎을 제거한 중간부가 이용된다. 따라서 무청은 손질되어 3단으로 절단할 필요가 있다. 본 연구는 무청 절단 시 절단저항이 가장작고 절단면이 깨끗하게 되는 절단칼날의 최적형태를 구명하고자, 무청절단 시험장치를 제작하여 절단속도와 절단칼날의 칼날각과 쉬어각의 변화에 따른 절단저항을 측정하고, 절단면의 상태를 조사하고 분석하였다.

나. 재료 및 방법

1) 시험 재료

시험에 사용된 재료는 동일한 장소에서 재배되고 2003년 5월7일에 수확된 평강 품종의 알타리무를 진주시 농산물 도매시장에서 구입하여 시험을 실시하였다. 본 시험에 사용된 알타리무 청의 평균 함수율은 79%로 측정되었다.

2) 시험 장치

알타리무 청절단 시 최적의 칼날 조건을 구명하기 위하여 그림 20과 같이 시험 장치를 구성하였다. 칼날이 알타리무의 뿌리부를 절단할 때 직선운동을 용이하게 하기 위해 LM guide(직선운동장치)를 설치하였다. 칼날이 알타리무를 절단할 때 절단력이 로드셀로 전달되게 하기 위해 로드셀의 상단에 사각 철제 프레임을 설치하고, 프레임의 상단에 알타리무를 고정하기 위해 알타리무 고정대를 부착하여 뿌리부 절단 시 시편이 칼날의 진행을 방해하지 못하도록 하였다. 뿌리부 절단속도의 조절은 공압실린더의 공기압에 조절에 의하였다. 알타리무 뿌리꼬리 절단 시 로드셀에 전달되는 절단저항은 로드셀과 연결한 스트레인증폭기(DPM-700B, Kyowa co., Japan)에 의한 스트레인 값으로 측정되고, 아날로그출력을 데이터계측장치(System 10K7, Daytronic co., U.S.A)에 입력시켜 디지털값으로 변화시켜

컴퓨터에 데이터를 처리하였다. 데이터처리 프로그램은 Quick Basic을 이용하였다.

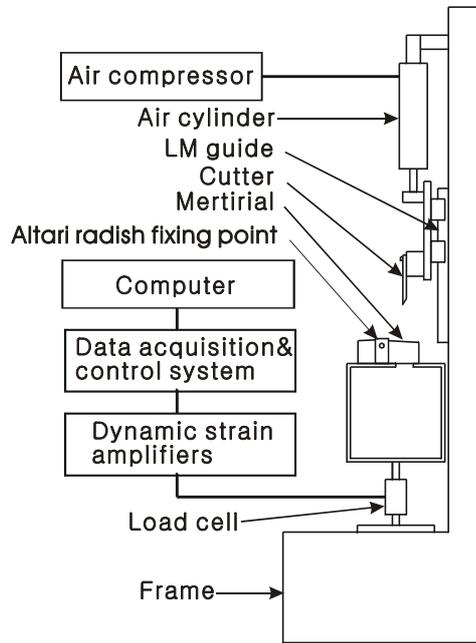


그림 20. 무청 절단저항 시험 및 측정장치.

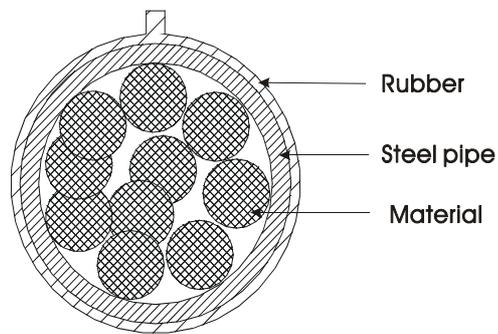


그림 21. 무청 고정기구.

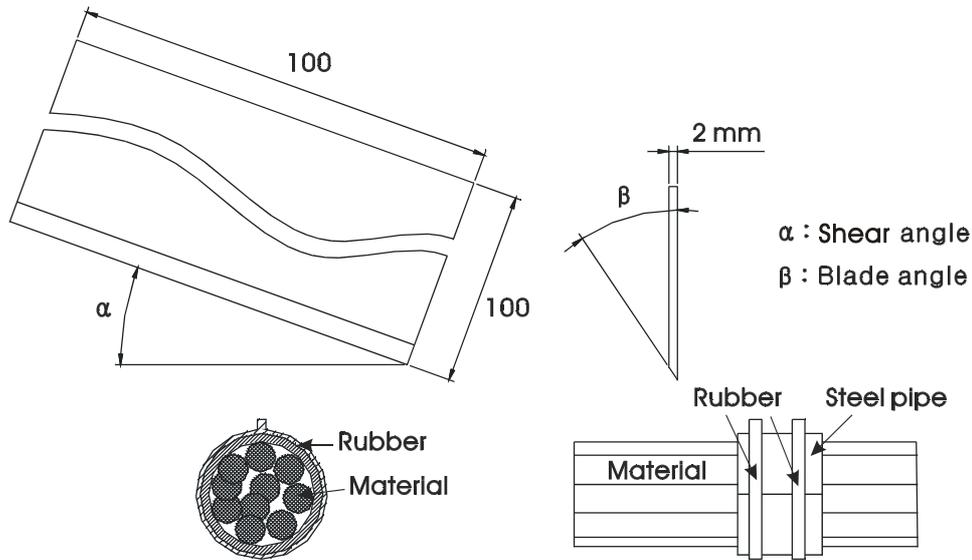


그림 22. 칼날 각들의 정의.

무청을 일정한 규격으로 고정하여 시험을 실시하기 위하여 그림 21과 같이 무청을 지름 25 mm의 강관으로 고정하고 0.4 N/cm의 고무를 이용하여 무청에 가해지는 압력을 일정하게 고정하였다. 그림 22는 알타리무 뿌리부 절단 시험에서 칼날의 형태를 정의 한 것이다. 칼날의 두께는 2 mm, 폭과 높이는 100 mm의 철판을 이용하였다. 칼날각(β)과 절단속도, 쉬어각(α)을 조정하여 최적칼날 조건시험을 실시하였다.

3) 시험 방법

표 2는 절단 속도와 칼날각(β), 쉬어각(α)의 시험구를 배치할 나타낸 것이다. 쉬어각이 0일 때 절단속도 0.2 m/s ~ 0.5 m/s의 4단계와 칼날각 20~45의 6단계로 시험을 실시한 후, 최적의 칼날각에서 절단속도 0.2 m/s ~ 0.5 m/s일 때 쉬어각 10~40의 4단계로 경우에 대한 시험도 실시하였다. 각 시험은 각 5번씩 총 200회 실시하였다.

표 2. 무청 절단시험 조건

Cutting speed(m/s)	Shear angle(α , $^{\circ}$)	Blade angle(β , $^{\circ}$)
0.2, 0.3, 0.4, 0.5	0, 10, 20, 30, 40	20, 25, 30, 35, 40, 45

다. 결과 및 고찰

그림 23은 무청을 절단할 때의 절단저항을 칼날각에 따른 절단저항으로 나타낸 그래프이다. 칼날각이 25°일 때 가장 낮은 절단저항이었으며, 이 칼날각을 지나면 다시 높아지는 경향을 보였다. 칼날각이 작을 때는 절단속도가 빨라질수록 절단저항이 낮아지는 경향이 있었으나, 칼날각이 35°이상일 때는 절단속도가 빨라질수록 절단저항은 높아지는 것으로 나타났다. 따라서 최적의 칼날 조건은 칼날각 25° 절단속도 0.5 m/s 일 때 인 것으로 판단된다.

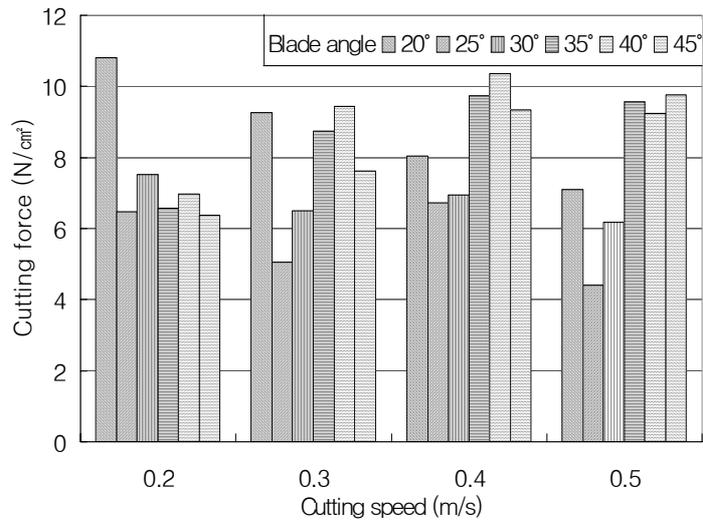


그림 23. 절단속도와 칼날각에 따른 최대 절단저항.

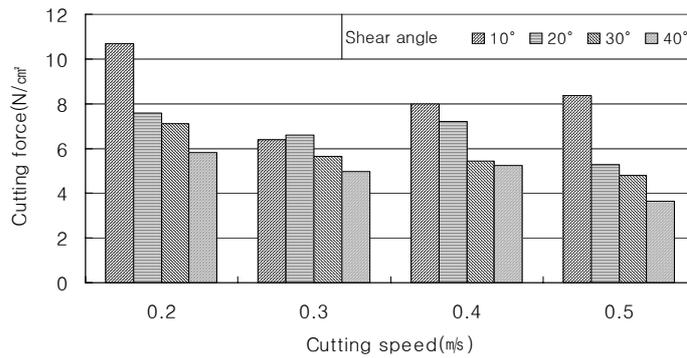


그림 24. 절단속도와 쉬어각에 따른 최대 절단저항.

그림 24는 무청 절단 시험에서 가장 적당한 칼날각인 칼날각 25°의 경우 칼날의 쉬어각을 변화시키며 시험을 실시한 결과를 나타낸 것이다. 절단속도가 빨라질수록 약간씩 절단저항이 줄어드는 경향이 있었으나 그 차이는 그다지 크지 않았다. 쉬어각의 변화에 따른 절단저항의 변화는 칼날의 쉬어각이 커질수록 절단저항은 크게 낮아지는 경향이 있었다. 따라서 최적의 칼날조건은 절단속도 0.5 m/s, 쉬어각은 40°인 것으로 판단된다.

라. 요약 및 결론

알타리무 전처리 가공 기계개발에 필요한 무청절단 시 절단속도와 절단칼날의 칼날각, 및 쉬어각의 변화에 따른 절단저항시험의 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 무청 절단시험에서는 최적의 칼날조건이 칼날각 25°, 절단속도 0.5 m/s 일 때 이고, 쉬어각 변화에 따른 시험에서는 절단속도 0.5 m/s, 쉬어각은 40°로 나타났다.

나. 칼날각 25°, 쉬어각 40°, 절단속도 0.5 m/s를 적용하여 무청 절단장치를 개발하는 것이 바람직한 것으로 판단된다..

3. 무 뿌리꼬리 절단칼날의 최적형태

가. 서언

알타리무로 김치를 담그기 위한 전처리 가공공정 중 하나는 무 뿌리의 꼬리(뿌리꼬리)를 절단하는 공정이 필요하다. 본 연구에서는 알타리무의 뿌리꼬리 절단 시 절단저항이 작고, 절단면이 깨끗하게 되는 절단칼날의 최적형태를 구명하고자 실시하였다. 이를 위하여 절단속도, 칼날각 및 쉬어각의 변화에 따른 절단저항을 측정할 수 있는 장치를 제작하고 시험하였다. 뿌리꼬리의 물성은 뿌리부와 같은 것으로 가정하여 절단시험에 사용한 재료는 뿌리부를 자른 시편을 사용하였다.

나. 재료 및 방법

1) 시험 재료

시험에 사용된 재료는 동일한 장소에서 재배되고 2003년 5월 7일에 수확된 평강 품종의 알타리무를 진주시 농산물 도매시장에서 구입하여 시험을 실시하였다. 본 시험에 사용된 알타리무 뿌리부의 평균함수율은 81%로 측정되었다.

2) 시험 장치

알타리무의 뿌리부를 절단 시 최적의 칼날 조건을 구명하기 위하여 그림 25와 같이 시험장치를 구성하였다. 칼날이 알타리무의 뿌리부를 절단할 때 직선운동을 용이하게 하기 위해 LM guide(직선운동장치)를 설치하였다. 칼날이 알타리무를 절단할 때 절단력이 로드셀로 전달되게 하기 위해 로드셀의 상단에 사각 철제 프레임을 설치하고, 프레임의 상단에 알타리무를 고정하기 위해 알타리무 고정대를 부착하여 뿌리부 절단 시 시편이 칼날의 진행을 방해하지 못하도록 하였다. 뿌리부 절단속도의 조절은 공압실린더의 공기압에 조절에 의하였다. 알타리무 뿌리부 절단 시 로드셀에 전달되는 절단저항은 로드셀과 연결한 스트레인증폭기(DPM-700B, Kyowa co., Japan)에 의한 스트레인 값으로 측정되게 하였다. 절단저항 대응값을 디지털화하기 위하여 스트레인증폭기의 아날로그출력을 데이터계측장치(System 10K7, Daytronic Co., U.S.A)에 입력시켜 디지털값으로 변화시키

고 RS232C 통신을 통해 컴퓨터로 데이터를 처리하였다. 데이터처리 프로그램은 Quick Basic을 이용하였다.

그림 26은 알타리무 뿌리부 절단시험에서 칼날의 형태를 정의 한 것이다. 칼날의 두께가 너무 얇을 경우는 칼날이 휘는 현상이 있었고, 두꺼울 경우는 알타리무를 절단할 때 칼날의 접촉면에 의해 불필요한 저항이 커지므로 칼날의 두께는 2 mm, 폭과 높이는 100 mm의 철판을 이용하였다. 칼날의 가공은 숫돌을 이용하여 날을 세웠다. 시험에 사용한 시료는 뿌리 꼬리쪽의 것을 폭과 높이를 30 mm로 고정하여 시험을 실시하였고, 칼날각(β)과 절단속도 그리고 쉬어각(α)를 조정하여 최적칼날 조건시험을 실시하였다.

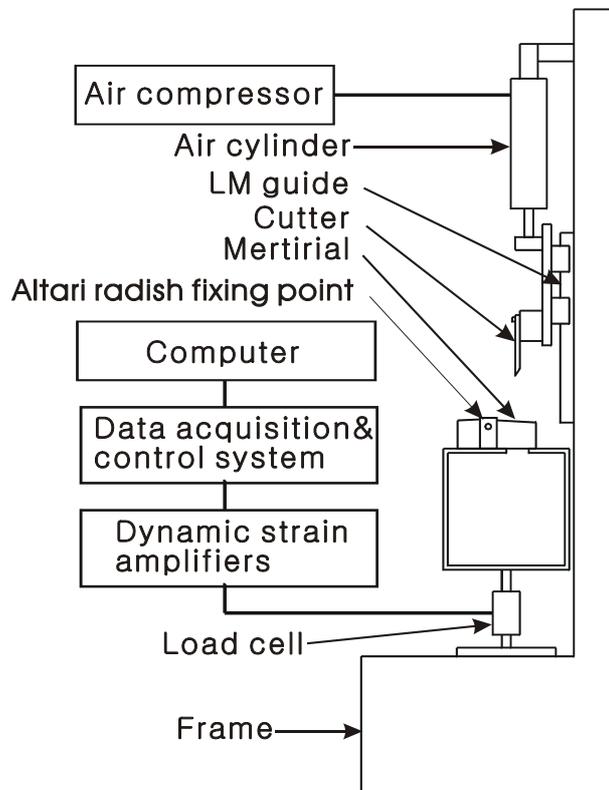


그림 25. 뿌리부 절단시험 및 측정 장치.

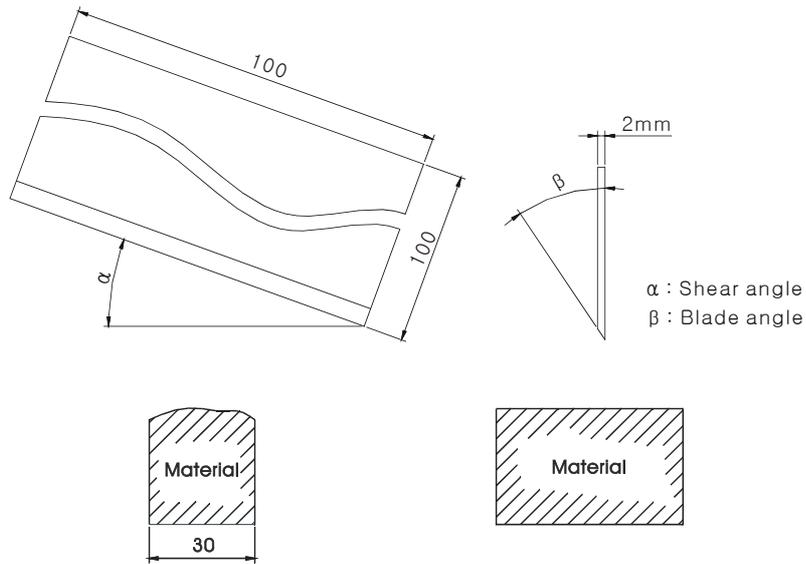


그림 26. 칼날각의 정의.

3) 시험 방법

표 3은 뿌리부 절단시험에서 절단 속도와 칼날각의 시험구를 배치를 나타낸 것이다. 쉬어각이 0일 때 절단속도 0.2 m/s, 0.3 m/s, 0.4 m/s, 0.5 m/s의 경우에 각각 칼날각 20, 25, 30, 35, 40, 45에 대해 시험을 실시하였다. 또한 쉬어각 0일 때 최적의 칼날각에서 절단속도 0.2 m/s, 0.3 m/s, 0.4 m/s, 0.5 m/s일 때 쉬어각 10, 20, 30, 40의 경우에 대한 시험도 실시하였다. 각 시험은 각 5번씩 총 200회 실시하였다.

표 3. 뿌리부 절단시험 조건

Cutting speed(m/s)	Shear angle(α , $^{\circ}$)	Blade angle(β , $^{\circ}$)
0.2, 0.3, 0.4, 0.5	0, 10, 20, 30, 40	20, 25, 30, 35, 40, 45

다. 결과 및 고찰

그림 27은 뿌리부 절단시험의 결과를 칼날각에 따른 절단저항의 변화로 나타낸 그래프이다. 칼날각이 커질수록 절단저항을 약간씩 높아지는 것으로 나타났고, 칼날각이 20일 경우는 절단속도가 빨라질수록 절단저항이 약간 증가하다가 점차 감소하는 경향으로 나타났으며, 칼날각이 45의 경우는 절단속도에 따른 절단저항의 크기는 그다지 크지 않은 것으로 나타났다. 따라서 최적의 칼날 조건은 칼날각 20, 절단속도 0.5 m/s 일 때 인 것으로 판단된다. 그림 28은 무 뿌리부 절단시험에서 가장 적당한 칼날각인 칼날각 20의 경우 칼날의 쉬어각을 변화에 따른 절단저항의 변화를 나타낸 것이다. 절단속도에 따른 절단저항의 변화는 0.3 m/s까지 점차 증가한 후 다시 낮아지는 경향을 보였으며, 쉬어각의 변화에 따른 차이는 쉬어각 20일 때 가장 높고 다시 낮아지는 경향이 나타났다. 따라서 무 뿌리부 절단 시 절단속도 0.5 m/s, 쉬어각 30가 적당할 것으로 사료된다.

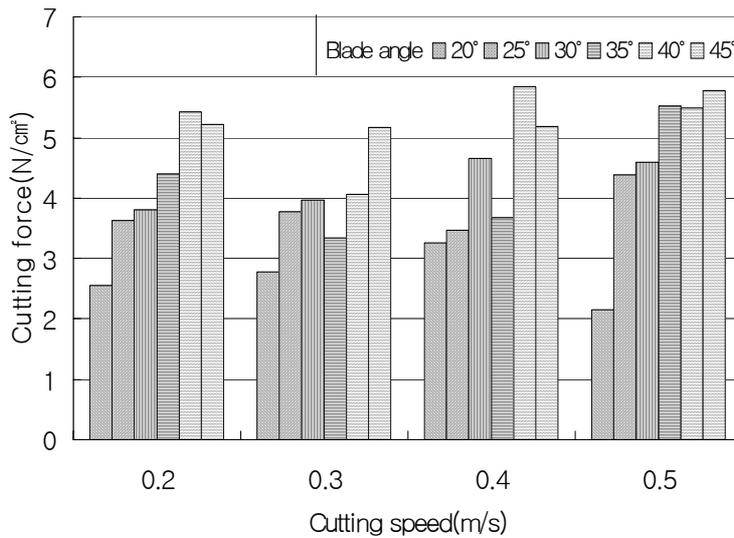


그림 27. 절단속도와 칼날각에 따른 최대 절단저항

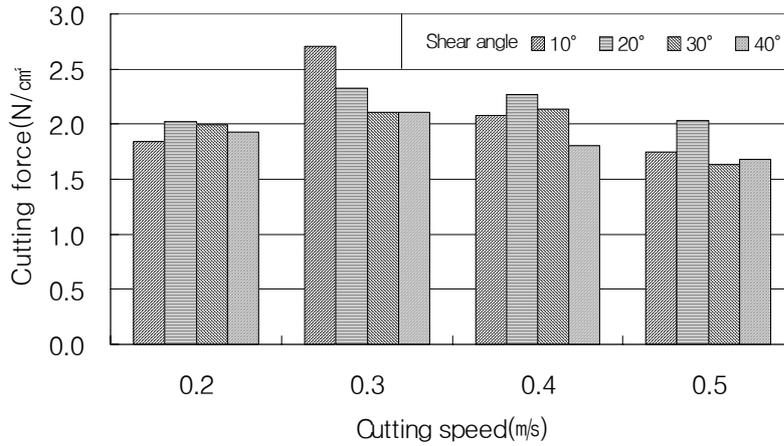


그림 28. 절단속도와 쉬어각에 따른 최대 절삭저항.

라. 요약 및 결론

알타리무 진처리 가공 기계개발에 필요한 뿌리부 절단 시 절단속도와 절단칼날의 칼날각(β), 그리고 쉬어각(α)을 변화 시켜 최적의 조건을 구명하기 위한 시험의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 알타리무 뿌리부 절단시험에서 최적의 칼날 조건은 칼날각 20, 절단속도 0.5 m/s 일 때 이고, 쉬어각을 변화 시험에서는 절단속도 0.5m/s, 쉬어각 30인 것으로 나타났다.
- 2) 칼날각 20, 쉬어각 30, 절단속도 0.5 m/s를 적용하여 무 뿌리꼬리 절단장치를 개발하는 것이 바람직한 것으로 생각된다.

4. 고압수 분사에 의한 뿌리부 세척효과

가. 서 언

현재 근채류를 세척하는 기계의 필요성은 소비자의 구매욕구 증대를 위한 상품성 향상에 의한 부가가치 증대를 도모하고 생식용 및 가공용 근채류의 세척작업이 인력에 의존하여, 농촌인구의 고령화 및 인력공급 곤란으로 문제점이 대두되고 있어, 산지 및 가공시설의 근채류 세척작업을 기계화하여 노동력 부족 현상 및 고임금으로 인한 운영 손실을 방지할 필요가 있다. 세척기의 종류는 공급 방식에 따라 연속식, 일정량 공급식으로 나누며 세척방식에 따라 브러시회전형, 세척통회전형, 수압분사형으로 구분되고 있다. 여기서는 알타리무의 특성상 무청의 손상을 줄이기 위해 수압분사형의 시험장치를 제작하고 세척시험을 실시하였다.

본 시험은 알타리무 표면의 잔뿌리와 흙과 같은 이 물질 제거를 위해 세척에 가장 적합한 고압수 분사장치를 제작하여 분사압력에 따른 세척정도를 조사하고자 실시하였다.

나. 재료 및 방법

1) 재료

2003년 2~5월 사이에 경남 진주시 농산물 도매시장에서 당일 수확된 재료를 오후에 구입하여 시험을 실시하였다. 알타리무는 노지 재배된 남강 알타리무와 터널 및 하우스 재배용인 평강 알타리무(한농, 재배율 80%)를 사용하였으며, 시험 항목에 따라 15개씩 3회 반복하여 실시하였다.

2) 시험장치 및 방법

그림 29는 알타리무를 수직으로 고정하였을 때의 고압수 분사장치 구성도이며, 구성요소는 동력전달엔진, 분무기, 수조, 노즐 및 받침대, 알타리무 고정대이다.

분사압력은 기초 시험을 통해 무청이 훼손되지 않는 최대 압력인 20 kgf/cm^2 이하에서 각각 $5, 10, 15 \text{ kgf/cm}^2$ 로 나누어 동력분무기의 출구에서 조절하였고 이에 따른 분사량(ℓ/min)을 측정하였다.

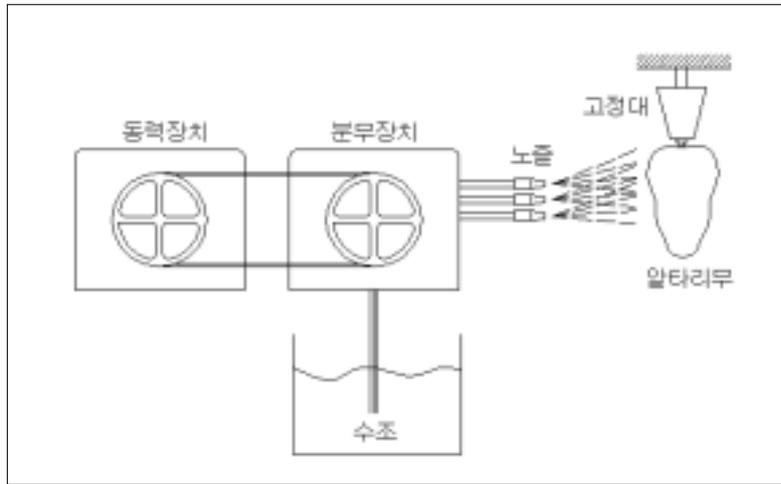


그림 29. 고압수 분사장치 구성도.



그림 30. 고압수 분사장치(수직)



그림 31. 고압수 분사모습(수직)



그림 32. 고압수 분사모습(수평)



그림 33. 분사노즐

분사노즐은 노즐공이 직선이고 분사각도가 80°인 Teejet 노즐 3개를 노즐 받침대에 수평(노즐공은 수직)으로 간격을 3cm로 일정하게 고정하고, 수직 및 수평으로 고정된 알타리무에 각각 10, 20, 30초 동안 고압수를 분사하였다. 알타리무의 고정위치는 중앙노즐의 중심과 알타리무 뿌리부의 중심과 일치하게 하였고, 각각의 분사시간동안 무가 2회전하도록 하였다. 분사노즐과 알타리무의 거리는 25cm로 하여 각 노즐로부터 분사된 분사밀도가 높고 뿌리부에 고르게 분사될 수 있도록 하였다.

분사시간을 30초 이내로 한정 한 것은 세척을 기계화 했을 때의 속도한계를 30초로 하여야 경제성이 있을 것으로 가정한 때문이다.

세척정도의 판단은 알타리무 잔뿌리 개수의 증감과 세척 전후의 카메라에 찍힌 표면의 비교에 의하였다.

그림 30과와 31은 알타리무를 수직으로, 그림 32는 수평으로 고정하였을 때의 분사장치와 분사하는 모습이며, 그림 33은 사용된 노즐이다.

다. 결과 및 고찰

1). 분사량

각각의 압력에 따른 노즐의 분사량은 표 1과 같다.

표 4. 분사압력에 따른 분사량

분사압력(kgf/cm ²)	5	10	15
분사량(ℓ/min)	0.286	0.382	0.436

2) 분사시간에 따른 비교

그림 34, 35, 36은 알타리무를 수직으로 하여 분사압력 10kgf/cm² 하에서 분사시간을 다르게 하여 시험함 결과의 일례이다. 표면에 묻은 흙은 씻겨지지만 잔뿌리나 흙 부에 이물질이 그대로 남아있었다. 어 시간은 커다란 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 따라서 이후에 행해지는 시험에서는 분사시간을 30초로 일정하게 하여 실시하였다.



그림 34. 10초



그림 35. 20초



그림 36. 30초

3) 분사압력 별 세척상태(수직)



그림 37. 분사 전(5kgf/cm²)



그림 38. 분사 후(5kgf/cm²)



그림 39. 분사 전(10kgf/cm²)



그림 40. 분사 후(10kgf/cm²)



그림 41. 분사 전(15kgf/cm²)



그림 42. 분사 후(15kgf/cm²)

그림 37 - 42는 남강 알타리무를 수직으로 고정시킨 후 노즐을 수평으로 배열하여 분사시켰을 때의 모습이다. 압력에 따른 세척정도의 차이는 나타나지 않았으며 잔뿌리도 제거되지 않은 것으로 나타났다.

4) 분사압력 별 세척상태(수평)

가) 표면상태가 불량한 남강 무의 세척결과

그림 43 - 48은 남강 알타리무를 수평으로 고정시킨 후 노즐을 수평방향으로 배열하여 분사시켰을 때의 모습이다. 이 또한 무가 수직 방향일 때와 같이 압력에 따른 세척정도의 차이가 나타나지 않았으며, 잔뿌리 또한 제거되지 않은 것으로 나타났다. 알타리무를 수직방향으로 하여 세척한 것보다 수평방향의 세척정도가 불량한 것으로 보이지만, 분사전(세척전)의 알타리무 상태가 수직방향 세척시보다 불량한 것이 원인인 양으로 판단되었다.



그림 43. 분사 전(5kgf/cm²)



그림 44. 분사 후(5kgf/cm²)



그림 45. 분사 전(10kgf/cm²)



그림 46. 분사 후(10kgf/cm²)



그림 47. 분사 전(15kgf/cm²)



그림 48. 분사 후(15kgf/cm²)

나) 표면상태가 양호한 남강 무의 세척결과



그림 49. 분사 전(15kgf/cm²)



그림 50. 분사 후(15kgf/cm²)

그림 49과 50은 분사전의 초기상태가 양호한 남강 무를 수평으로 고정하여 분사한 결과이다. 세척 후의 표면상태는 양호하지만, 잔뿌리가 약간 남아있고 깊은

흙부의 이물질은 완전히 제거되지 않았다.

다) 표면상태가 양호한 평강 무의 세척결과



그림 51. 분사 전(10kgf/cm²)



그림 52. 분사 후(10kgf/cm²)



그림 53. 분사 전(15kgf/cm²)



그림 54. 분사 후(15kgf/cm²)

그림 51 - 54는 수확 후 표면상태가 매우 양호한 평강 알타리무를 수평으로 고정시킨 후 물을 분사하여 세척한 결과이다. 구입 당시 표면이 너무 깨끗하여 12시간 전에 알타리무의 표면에 진흙을 묻혀 세척시험을 하였다. 압력이 다른 경우에도 표면은 깨끗하게 세척되었다.

그림 55는 세척 전, 후의 잔뿌리 개수에 대한 비교이다. 압력의 차이에 따라 조금씩 제거되는 경향을 보이지만 확실하게 제거되는 모습은 나타나지 않았다.

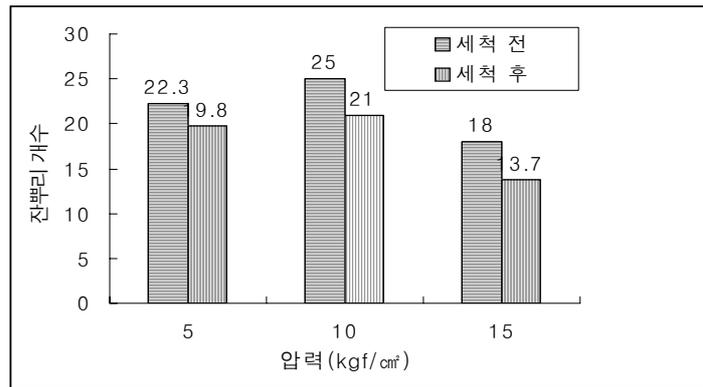


그림 55. 압력별 세척 전, 후의 잔뿌리 개수 비교

라. 요약 및 결론

본 시험은 알타리무 표면의 잔뿌리와 흙과 같은 이 물질 제거를 위해 세척에 가장 적합한 고압수 분사장치를 제작하여 분사압력에 따른 세척정도를 조사하고자 실시하였다. 사용된 분사노즐은 세척용으로 적합한 Teejet 노즐이며, 고밀도 분사를 위해 노즐 3개를 노즐 받침대에 수평(노즐공은 수직)으로 간격을 3cm로 일정하게 고정하고, 노즐과 25cm 떨어져 수직 및 수평으로 고정되어 회전하는 알타리무에 고압수를 분사하였다. 분사압력은 5, 10, 15kgf/cm²으로 하였으며, 시험 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 기계화가 가능한 세척시간 30초 이내, 분사압력 15kgf/cm² 이내에서 시험한 결과 분사방향, 분사압력, 분사시간에 따른 알타리무의 세척정도 차이는 거의 없었다.
- 2) 알타리무의 품종 중 뿌리부가 장고형(신진, 남강)과 같이 생긴 것은 뿌리몸통에 굽은 잔뿌리가 많고 잔뿌리가 내린 곳은 흙부로 형성되어 고압수 분사에 의한 잔뿌리 제거와 흙부의 이물질 제거는 불가능한 것으로 판단되었다.
- 3) 뿌리부가 직선이고 표면이 매끈한 품종은 고압수 분사만으로도 깨끗한 세척이 가능하였다.

5. 삭피기계 개발

가. 서언

알타리무는 김치 담그기 전에 뿌리의 표면을 얇게 깎아서 양념이 잘 배이도록 하여 맛을 내는 것이 일반적이다. 때로는 뿌리부가 매끈한 1자형 품종의 경우 뿌리부를 잘 씻어서 장기 저장용 김치를 담그는 경우도 있으나, 표피부의 막에 의해 양념이 잘 배이지 않고, 껍질이 단단하고 섬유질이 많아 김치로 담았을 때 내부는 빨리 무르고 껍질부는 질겨서 식품으로서의 질을 떨어뜨리고 맛의 균형이 떨어지게 된다. 이와 같은 이유로 대부분의 김치공장에서는 알타리무의 표피를 깎아서 김치를 담그고 있다.

현재까지 알타리무 뿌리의 표면을 깎는 삭피작업은 인력에 의해 부엌칼 또는 전용의 깎기칼로 행해지고 있다. 알타리무 뿌리는 다양한 곡선의 형태를 갖고 있어서 표피를 깎는 삭피작업의 기계화가 어려운 원인이었다.

본 연구는 가능할 것으로 판단되는 몇가지 삭피방식을 고안하여 삭피장치를 설계제작하고 시험하여 최적의 알타리무 삭피방법을 찾고, 실용화할 수 있는 기계를 개발하기 위하여 수행하였다.

나. 고안된 삭피장치와 성능

1) 삭피장치 탑재용 본체

그림 56은 고안된 각 삭피방식을 적용한 삭피장치를 공통으로 탑재할 수 있도록 고안한 본체의 구조를 설명하기 위한 것이다. 주요 구성부는 무 공급이송부, 삭피부, 무해체부로 나누어 진다. 무 공급이송부는 컨베이어에 의한 이송라인과 무 취부함으로 이루어지며, 인력으로 무를 무 취부함에 취부하고 취부함이 삭피부에 오게되면 라인이 정지되고, 삭피장치가 작동되어 삭피를 완료하면 라인이 가동되어 무해체부에 이르면 무가 자동으로 수거함에 낙하하도록 하였다. 본 그림에서의 취부된 삭피장치의 예는 벨트형이며, 이하 설명되는 브러쉬형과 회전칼날형의 삭피장치도 본체에 각각 교체하여 부착할 수 있게 설계 제작하였다.

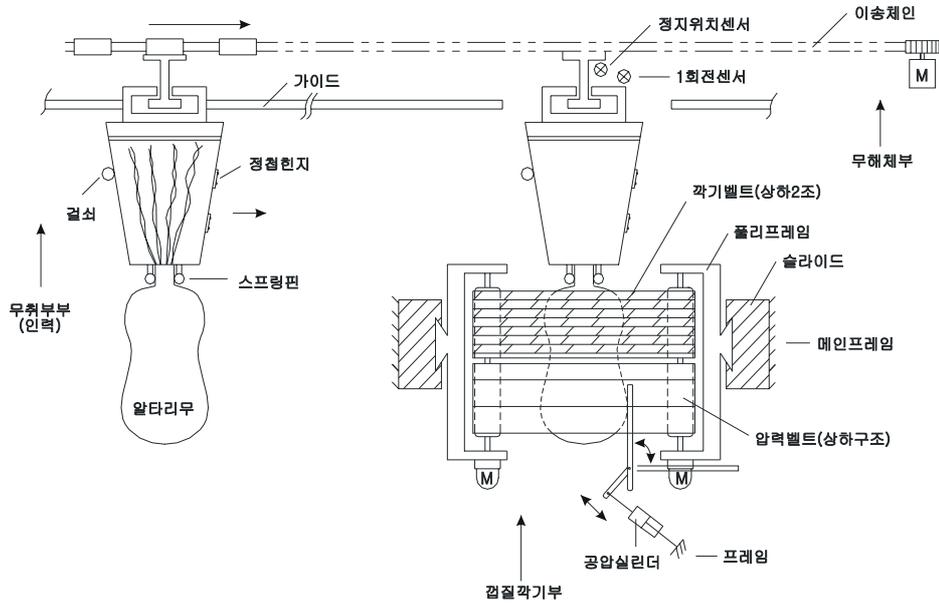


그림 56. 삭피장치 탑재용 본체의 구조

2) 벨트형 삭피장치

가) 원리

그림 57은 고안된 벨트형 삭피장치의 원리를 나타낸 것이다. 그림 56에서 무취부함이 삭피위치에 오면 이송라인이 정지하고 벨트형 삭피장치가 작동하여 무취에 회전력을 가하지 않고도 무를 삭피할 수 있는 구조로 고안하였다. 그림 58은 압력벨트와 칼날벨트의 평형압력과 회전속도 차를 이용하여 삭피시 무의 중심을 유지하면서 회전력을 줄 수 있도록 고안한 장치이다. 칼날벨트의 모양, 칼날모양, 롤러모양 및 작동속도가 삭피성능에 영향을 미치므로 이들의 적합한 규격을 찾는 예비 기초시험 후 시작기를 적합하게 설계 제작하여 시험하였다.

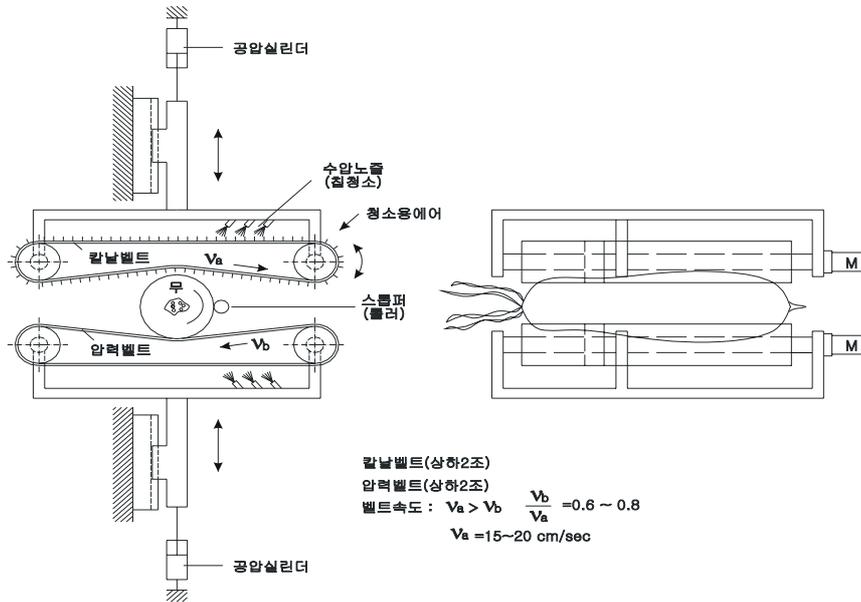


그림 57. 벨트형 삭피기 원리

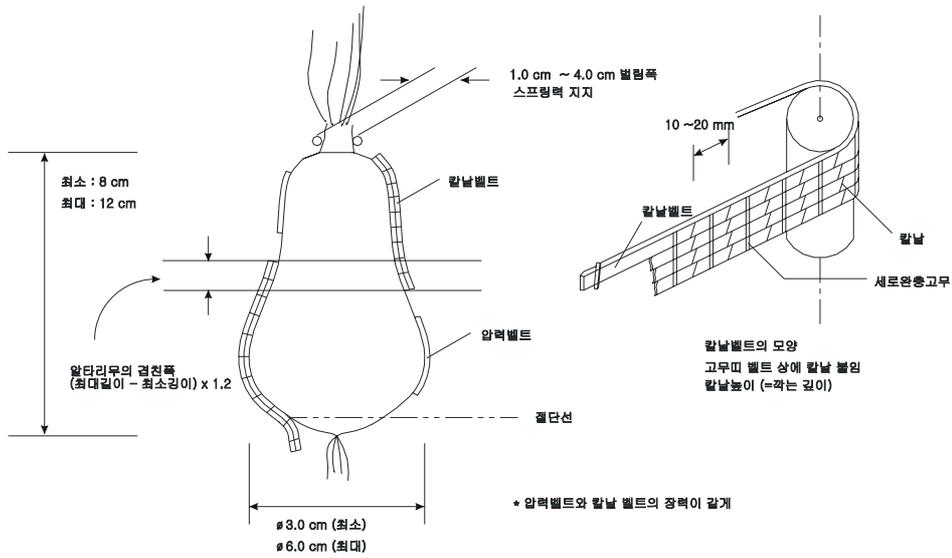


그림 58. 삭피벨트의 규격

나) 시작기 설계 제작

그림 59는 설계제작한 삭피기계로서 알타리무 공급이송장치와 벨트형 삭피장치를 각각으로 결합할 수 있도록 고안 하였다. 무 공급이송장치는 트롤리 컨베이어에 의한 이송라인과 무 취부함으로 이루어지며, 인력으로 무를 취부함에 취부하고 취부함이 삭피부에 오게 되면 라인이 정지되고, 삭피장치가 작동되어 삭피를 하게 된다. 삭피작업이 완료되면 라인이 가동되어 무 해체부에 이르면 무가 자동으로 수거함에 낙하시킬 수 있도록 예정한 구조이다. 그림 60은 설계 제작한 벨트형 삭피장치를 나타낸 것으로 감속모터에 의해 직접 구동되는 좌측의 칼날벨트와 우측의 압력벨트 사이의 중앙에 알타리무가 위치하면 양 벨트를 일정간격으로 좁히면서 회전시키면 알타리무가 깎기는 원리이다. 그림 61은 알타리무가 양 벨트의 중앙에 위치하여 삭피를 하고 있는 모습이다.



그림 59. 공급이송장치(상부)와 연결한 벨트형 삭피장치

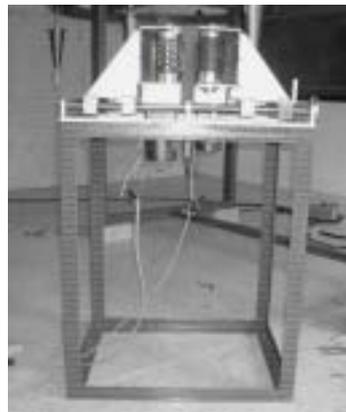


그림 60. 벨트형 삭피장치

가) 이송장치의 규격

크기 : 폭 1,240mm, 가로 3,000mm, 높이 1350mm

구동동력 : 감속모터-220V, 3 ϕ , 4극, 750W, 감속비 300:1

이송속도 : 3m/min

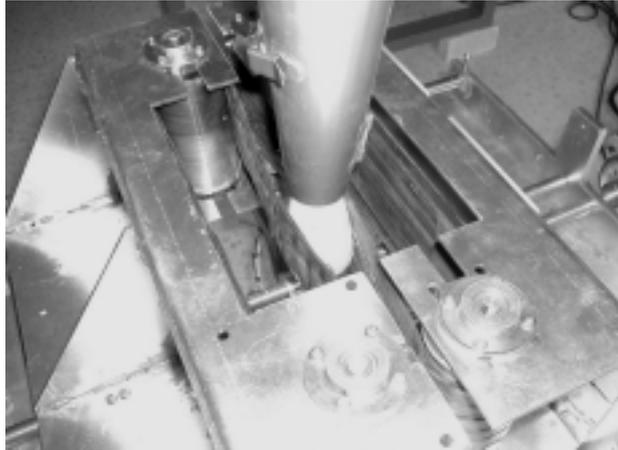


그림 61. 벨트형 삭피장치의 삭피모습

나) 벨트형 삭피장치의 규격

크기 : 폭 510mm, 가로 600mm, 높이 996mm

구동동력 : 칼날벨트 - 220V, 25W, 1 Φ , 4극, 감속기 감속비 1/30

 압력벨트 - 220V, 25W, 1 Φ , 4극, 감속기 감속비 1/50

벨트재료 : 자전거 타이어, 벨트 폭 : 120mm, 벨트 벨트폴리 직경: 60mm

칼날 : 폭 5mm, 길이 10mm, 높이 2mm, 30mm 간격으로 벨트에 걸쳐달기

이송속도 : 칼날벨트 -178 mm/s, 압력벨트 107 mm/s

다) 삭피 성능

그림 60의 벨트형 삭피장치의 성능시험을 위한 장치의 가동은 다음과 같다.

- (1) 인력에 의하여 무 취부함을 열고 무청 부분을 취부함 내에 넣고 취부함 닫아 무를 공급한다.
- (2) 이송라인을 움직이는 이송모터의 전원 스위치를 넣어 취부함을 이송하도록 하면, 취부함이 삭피벨트의 중앙에 왔을 때 자동으로 이송이 정지하고 모트스 위치는 OFF된다..
- (3) 양 삭피벨트 구동용 리드스크류를 돌려 양 삭피벨트의 간격을 적당히 좁힌다.
- (4) 삭피벨트 구동용 모터에 전원을 넣어 삭피작업을 한다. 이때 무가 1회전하면 모터의 전원을 끈다.

- (5) 양 삭피벨트의 간격을 넓힌 후 (1)번으로 돌아가 삭피작업을 계속한다.
- (6) 각 작업의 1사이클마다 이송이 정지될때 먼저 삭피한 무가 매달려 있는 취부함을 벌여서 삭피된 무를 꺼집어 낸다.
- (7) 상기 과정에 의하여 삭피된 무의 상태를 검사하고, 삭피기 작동상태도 검사한다.

상기 작업과정에 의하여 조사한 삭피 성능은 다음과 같다.

- (1) 삭피 전후의 무의 모습은 그림 62, 63과 같으며, 뿌리부의 잔뿌리가 모두 제거되고 표면이 모두 고른 삭피가 되었으나 삭피 표면이 약간 거칠고 꼬리부의 절단이 되지 않았다. 또한 깊은 홈과 곡선부의 절삭이 어려운 문제점이 있었는데 절삭시간의 연장으로 해결가능하나 절삭깊이가 깊어지는 문제점이 있었다..



그림 62. 삭피전의 알타리 무

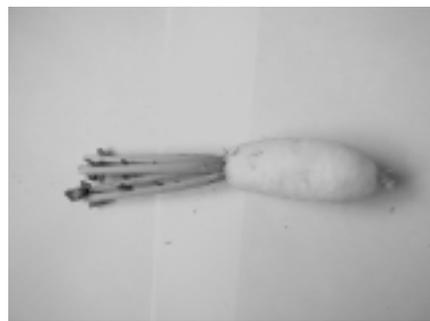


그림 63. 벨트형 삭피장치로 삭피한 무

- (2) 삭피 전후의 칼날벨트의 모습은 그림 64 및 65와 같다. 그림 65에서 보듯이 절삭후 칼날벨트의 칼날과 공간부에 무의 절삭 칩이 대거 부착하여 3개 이상의 무를 연속 삭피하지 못하였다. 이의 개선을 위해서는 청소장치가 필요하였다.
- (3) 무 취부함이 삭피부에 이동중 및 정지시 취부함의 흔들림으로 인해 무의 삭피기 작동의 정밀성이 떨어졌다. 이 문제는 이송정지 시 무의 흔들림을 막아주는 스톱퍼의 설치로 해결 될 수 있었다.



그림 64. 삭피 전의 칼날벨트



그림 65. 삭피후의 칼날벨트

- (4) 무청을 취부함에 넣어 무를 공급하는 방식은 무청이 벌어지거나 처짐에 의해 작업이 난이하여 개선이 요구되었다. 이의 개선으로는 짐움(인력) - 수평농기(인력) - 자동약지 및 이송 장치의 부착이 요구되었다.
- (5) 칼날벨트 제작이 약간 어렵고, 작동방식의 기계화가 복잡하며, 칩 청소기를 부착해야 하는 등 실용화하는데는 문제점이 너무 많은 것으로 사료된다.

2) 브러쉬형 삭피장치

가) 원리

그림 66은 브러쉬형 삭피장치의 원리를 나타낸 것이다. 무가 이송컨베이어에 매달려 두 개의 보조롤러 중앙에 정지하면 회전하는 삭피 브러쉬가 일정간격으로 접근하여 무의 표면을 삭피하게 된다. 브러쉬는 주 작업롤러에 스프링 지지로 박혀있고, 고르게 삭피할 수 있도록 배치한다. 브러쉬의 종류는 다양하게 할 수 있기 때문에 예비 기초시험을 통하여 적합한 브러쉬 형태를 선정하고 시작기를 설계 제작하고 시험하였다.

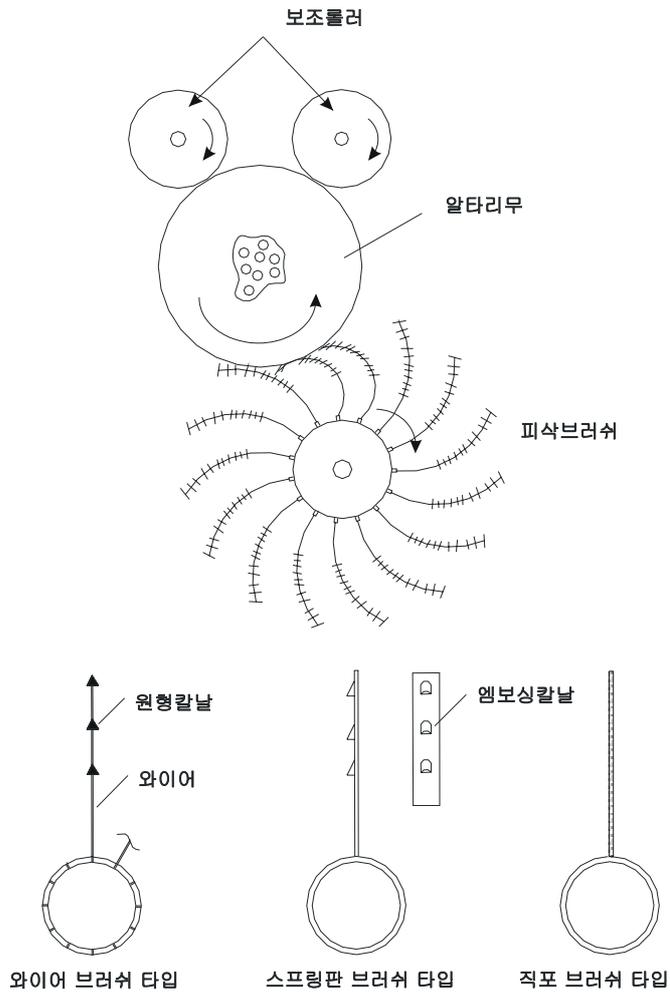


그림 66. 브러쉬형 삭피장치의 원리

나) 시작기 설계 제작

그림 67과 68은 보조롤러와 삭피브러쉬 사이에 알타리무를 위치하게 하여 삭피 브러쉬의 회전에 의한 삭피를 하는 브러쉬형 삭피장치로 고안 제작한 실물사진이다. 삭피 브러쉬는 예비시험 결과 칼날 1행정의 삭피량을 많게 할 수 있고 삭피가 잘 되는 칼날형을 선정하였다. 이 칼날형으로 삭피가 잘 이루어지면 다른 형

태의 브러쉬도 적용해 보고자 하였다.



그림 67. 브러쉬형 삭피장치

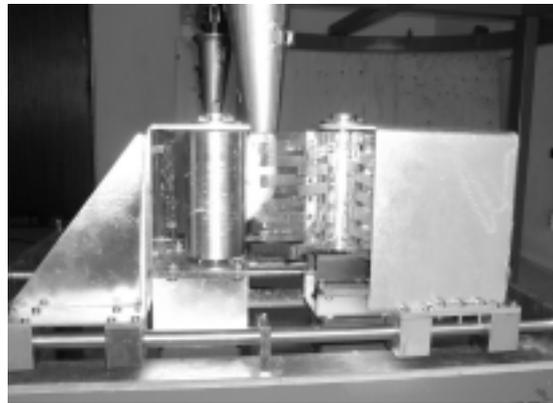


그림 68. 브러쉬형 삭피장치의 삭피작업



그림 69. 브러쉬형으로 삭피하기 전



그림 70. 브러쉬형으로 삭피한 무

(1) 규격

크기 : 폭 510mm, 가로 600mm, 높이 1,020mm

구동동력 : 회전 브러쉬 - 220V, 25W, 1 Φ , 4극, 감속기 감속비 1/30

 보조 롤러 - 220V, 25W, 1 Φ , 4극, 감속기 감속비 1/50

버러쉬 고정롤러 경 : 70mm, 버러쉬 경 : 180mm,

칼날 폭 : 5mm, 칼날 길이 10mm, 칼날 높이 2mm,

칼날 달기 : 폭 10mm, 두께 1.5mm의 플라스틱 판재 꼬리분,
브러쉬 폴리의 원주상 8개소에 칼날브러쉬를 20mm 간격으로
부착
브러쉬 회전속도 : 57 rpm

다) 삭피 성능

브러쉬형 삭피장치의 삭피성능을 시험하기 위하여 무 취부함에 알타리무의 청부분을 넣어 무를 고정하고 보조롤러의 중앙에 무를 위치시켜 회전하는 삭피브러쉬를 무에 적당히 접촉시켜 삭피작업을 하였다. 이때 무 취부함을 손으로 적당히 돌려 삭피가 잘 되는가를 조사하였다. 삭피작업을 수행한 결과는 다음과 같다.

- (1) 칼날과 칼날사이의 간격이 생기고 칼날의 형태가 직선이므로 무 외피의 절삭면이 거칠고 절삭 날의 흔적이 생겨났다.. 날의 크기를 작게 하여 시험하였으나 삭피속도가 느리고 브러쉬의 칼날부에 칩이 막혀 2회 이상의 연속가공이 어려웠다.
- (2) 벨트형 칼날보다 뿌리표면의 흠부 가공이 쉬우나 완전가공은 어려운 것으로 판단되었다.
- (3) 브러쉬형 칼날의 제작은 벨트형보다 용이하나 칼날에 부착하는 칩의 제거가 어려워 실용화하는 것은 문제점이 있을 것으로 판단된다.

3) 선회칼날형 삭피장치

가) 원리

브러쉬형 삭피장치의 브러쉬 대신에 가정용 무피 깎기칼을 가공하여 부착한 형태이다. 칼날벨트형과 브러쉬형은 삭피방향을 무 뿌리의 중심축에 대하여 직각(세로)으로 하였는데, 무 표피의 섬유방향에 직각으로 칼날이 작용하여 거칠게 삭피되며, 삭피저항이 커서 선삭의 경우는 무를 고정하는 무칭의 줄기부가 절삭토크를 견디지 못하고 끊어지는 문제점이 있었다. 선회칼날형 삭피장치는 이들 문제점을 제거하기 위하여 무 뿌리의 길이방향으로 칼날면이 작용하도록 고안한 것

이다.

나) 시작기 설계 제작

칼날벨트형과 브리쉬형 삭피장치는 전항에서 언급한 몇 가지의 문제점 때문에 실용화 가능성이 없어서 더 이상의 연구를 진행시키지 않고, 이들의 문제점을 개선한 선회칼날형 삭피장치를 고안 제작하고 성능시험을 실시하였다. 그림 71은 선회칼날형 알타리무 삭피장치이다. 장치의 구성은 무청을 약지하여 무를 수직으로 매달고서 1회전하는 무청홀더(무 취부함), 무 뿌리부의 외피를 깎는 8개의 선회칼날부, 삭피시 무를 뒤로 밀리지 않게 지지하는 V형 받침 및 이들 각 구성부를 지지하는 프레임으로 구성하였다. 선회칼날부는 시중에서 판매하는 가정용 무피 깎기칼의 선단부, 깎기칼을 지지하고 뿌리 외곽선을 따라 칼날이 자연스럽게 접촉하면서 접촉압을 주기위한 플라스틱 스프링판, 스프링판을 고정하고 선회시키는 원통보스와 회전축, 회전력을 전달하는 25W-30rpm 감속모터로 구성하였다.

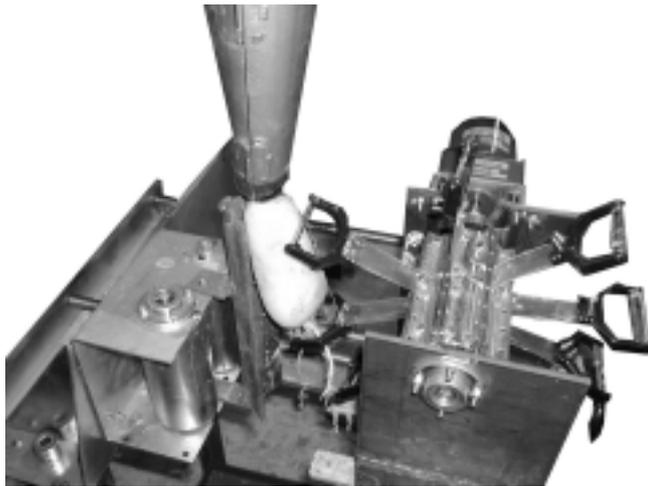


그림 71. 선회칼날형 삭피장치

(1) 규격

크기 : 폭 510mm, 가로 600mm, 높이 1,020mm

구동동력 : 칼날선회 모터 - 220V, 25W, 1 Φ , 4극, 감속기 감속비 1/60

칼날 고정롤러 경 : 70mm

칼날 끝 외경 : 240mm,

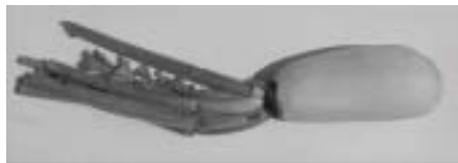
사용 칼날 : 수가공용 전용(가정용) 칼의 선단부, 칼날길이 50mm,
질삭깊이 2mm

칼날 지지 판 : 폭 10mm, 두께 1.5mm, 길이 50mm의 플라스틱 판재

칼날 고정 : 브러쉬 폴리의 원주상 8개소에 칼날브러쉬를 20mm 간격으로
부착



a. 삭피작업 전



b. 삭피작업 후

그림 72. 선회칼날형에 의한 알타리무 삭피결과

다) 삭피 성능

본 선회칼날형 시험장치는 알타리무 삭피작업의 기계화가 가능한가를 우선 알아보기 위하여 고안제작하고 시험하였으나 그 성능면에서는 칼날벨트형과 브러쉬형 삭피장치보다 월등한 결과를 가져왔다. 그림 72는 삭피전후의 대상 알타리무의 모습이다. 그림 72에서 보듯이 알타리무는 깨끗하게 완전한 삭피가 이루어졌으며, 무 뿌리의 선단과와 꼬리의 곡선부도 잘 삭피되는 것으로 나타났다. 그림 72에 보인 알타리무는 직선형 품종인 평강으로 잘 삭피되었고, 장고형인 신진과 남강 품종도 삭피가 가능하였으나 꼬리부 직경이 너무 큰 것은 꼬리부의 저면이 삭피가 되지 않았다. 거의 모든 알타리 무의 뿌리부 표면이 다중곡선의 형태로 되어있으나, 깊은 곡면의 삭피가 가능한 것은 삭피칼날이 90° 정도 유동하여 선회하면서 칼날끝이 무의 표면에 평형으로 접촉할 수 있는 구조이기 때문이다.

선회칼날형 삭피장치는 칼날벨트형과 브리쉬형 삭피장치보다 삭피성능이 우수하고 그 기계적 구조가 간단하여 이 삭피방식을 이용한 삭피기계의 실용화를 추진하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

다. 삭피기계 개발

1) 시작기 설계제작

삭피기계를 개발하기 위하여 실시한 전단계 연구로는 기초시험인 알타리무 물리적 특성 구명, 삭피칼날의 최적형상 구명, 3가지 삭피장치의 고안 및 성능시험과 생산 가공현황 조사분석 등을 수행하였다. 이 들 전단계 연구의 결과를 활용하여 알타리무 삭피와 부가작업의 일관작업이 가능한 기계를 설계 제작하였다.

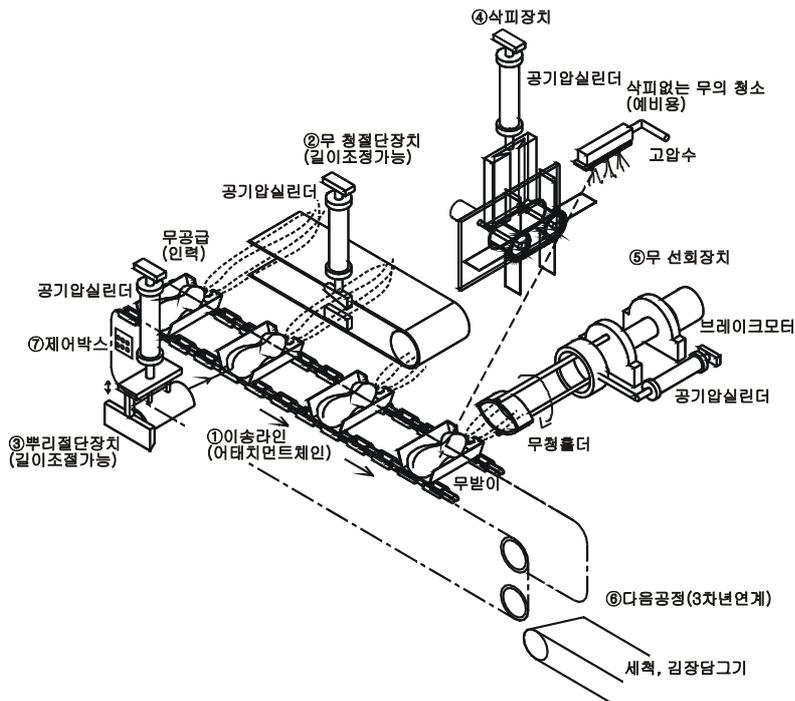


그림 73. 알타리무 전처리 가공시스템 구조(개요)도

알타리 무는 김치담그기 전에 무청손질, 삭피, 무청 3단자르기, 뿌리꼬리 절단, 세척, 뿌리 다듬기의 작업공정을 거치는 것이 일반적인 것으로 조사되었다. 삭피 기계는 삭피작업을 기계화하는 것이지만 부가적으로 가능한 작업을 삭피작업 소요시간 내에 동시에 수행하도록 한다면 기계의 효율이 매우 향상되고 기계의 경제성도 높아지게 된다. 따라서 개발대상 삭피기계는 청 절단, 뿌리절단, 삭피, 및 이송작업이 자동으로 이루어지도록 설계하고 제작하였다. 또한 KS 규격품(기성품)을 최대한 활용하여 제작비용을 절감하고, 상품화 가능수준의 디자인으로 최적화 설계를 시도하였다.

그림 73은 알타리무 전처리 가공시스템의 전체 개요도를 나타낸 것으로 세척과정 이후의 작업공정을 제외한 좌측 상부의 작업공정을 가진 구조 부분을 삭피기계로 정의하였다. 즉 삭피기계는 무청이 손질된 알타리무를 작업라인의 지정된 위치에 인력으로 올려놓으면 무청 절단, 뿌리꼬리 절단, 삭피 및 이송이 자동으로 이루어지도록 한 무 가공기계로 정의하였다. 이후의 무 가공기계는 이 삭피기계를 대표하는 용어로 사용키로 한다. 그림 73의 무 가공기계는 다음과 같은 작업과정과 장치의 작동으로 이루어진다. 기계에 전원을 넣으면 이송라인이 움직이고 이송라인 상의 무반이 위에 무가 감지되지 않으면 라인이 계속해서 움직이며, 라인의 제일 좌측부에서 무청이 정리된 무가 체인컨베이어 라인 상의 무반이에 올려져 이송되면 면 센서가 무를 감지하고 무청절단 위치에 무가 오게 되면 이송을 정지하고 무청절단장치가 작동하여 무청을 자르고 이송을 계속하여 무가 무뿌리절단위치에 오면 무 뿌리꼬리를 자른다. 꼬리를 자른 후 무가 삭피위치로 오면 삭피장치가 작동하여 무를 삭피하고 삭피가 끝나면 계속 이송하여 라인의 끝에서 세척조로 낙하하게 된다. 무를 삭피하는 시간이 가장 길므로 연속적인 작업시에는 무 삭피시간 동안에 무청정단과 뿌리절단이 완료된다. 무를 감지하는 센서는 무청절단부 앞과 삭피장치부 앞에 설치되어 각 장치의 작동여부를 결정하여 동력의 손실과 장치의 파손을 막는다. 따라서 무 가공기계는 본체 프레임, 이송라인, 무청절단장치, 무뿌리절단장치, 삭피장치, 센서 및 제어장치로 구성된다. 무청절단장치는 하부의 고정칼날, 상부의 운동칼날(절단칼), 상부칼날 이송 가이드, 이송용 공압실린더 및 지지 프레임으로 구성된다. 무 뿌리 절단장치는 하부에 무 받이가 있으므로 상부 절단칼날의 상하작동에 의해 뿌리를 절단하는데 뿌리꼬리부만 절단하기 때문에 절단시 뿌리부의 반작용에 의한 이탈을 막기 위하여 절단칼날과

병렬로 원주의 현에 고무밴드를 단 반원형의 뿌리홀더가 동시에 상하작동하게 된다. 무청절단과 뿌리절단 장치는 동일선상에 세로로 배치하여 전체 라인의 길이를 줄이도록 한다. 삭피장치는 타원형의 체인벨트에 스프링지지 삭피칼날을 9개 배치한 삭피칼날부와 무청을 잡고서 무를 1회전 시키는 무청선회 장치로 구성된다. 무가 삭피위치에 이송되어 정지하면, 가로로 열려 있고 원주의 현에 고무밴드를 연결한 2조의 반원형 무청홀더가 오무려 들어 무청을 잡는다. 이와 동시에 삭피칼날이 선회하면서 일정거리로 내려와 무의 뿌리표면을 삭피하면서 무청홀더는 1과 1/4회전을 하여 삭피를 완료한다. 선회부는 감속모터에 직결하고, 직선 운동부는 선형가이드와 공압실린더에 의해 작동된다.

그림 74는 이와 같은 작업공정과 작동원리를 갖는 각 장치와 부품을 설계하고 제작한 시작기이다. 표 5는 삭피기계의 규격을 나타낸 것이다.

표 5. 삭피기계 시작기의 규격

일반단위: mm

가로*세로*높이	2040*910*1590
바닥부터 무받이 높이	700
무 이송체인 규격	#60, 더블피치K1, 링크수114, 어태치19개
무 이송모터규격	브레이크모터 60W, 30rpm(선속도 0.3m/s)
무청절단칼 날폭*두께	175*2
무청절단칼날 상하행정	125
뿌리 절단칼날 폭*두께	120*2
뿌리 절단칼날 상하행정	125
삭피칼날선회모터 규격	25W, 50RPM(선속도 0.19m/s)
삭피칼날부 상하행정	125
삭피칼날	칼날각 30°, 폭 42, 두께 0.8
칼날과 가이드 사이의 각	130°
칼날지지판 길이,폭,두께(L*W*T)	80*8*0.6
무청홀더끝부 반경, 벌림거리	280
무회전(홀더) 모터규격	25W, 10RPM
보조선회장치 회전속도	6W, 10RPM
선회 날끝의 직경*날길이*폭	50*3*5

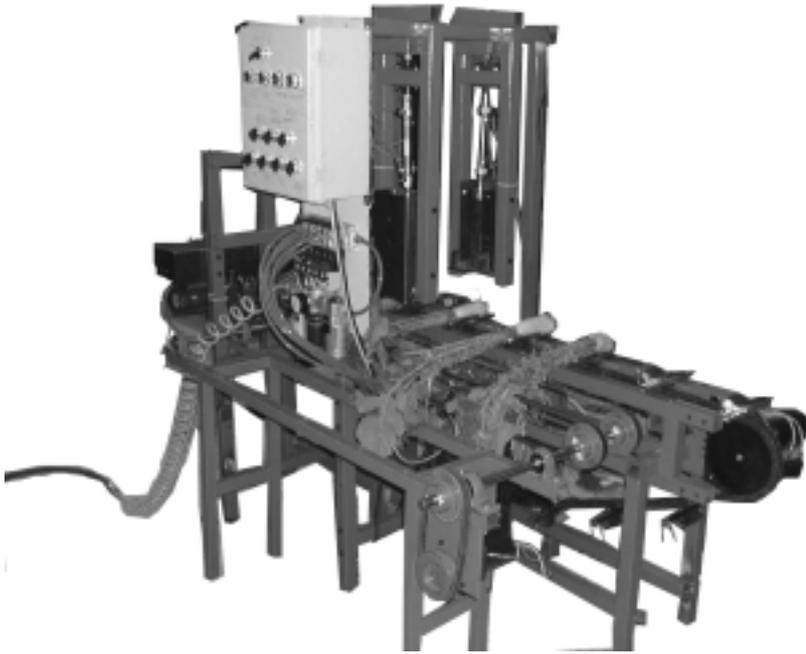


그림 74. 삭피기계 시작기.

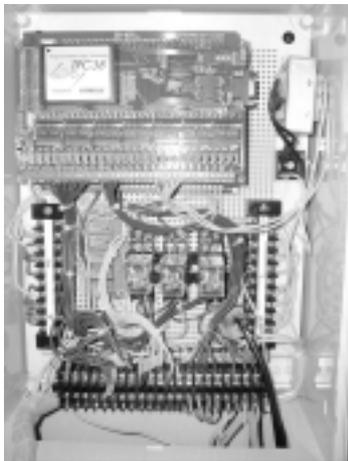


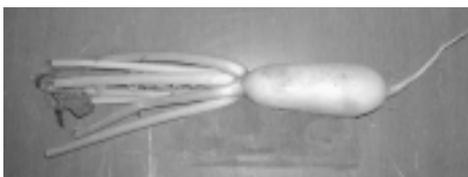
그림 75. 무 삭피기계 제어장치

그림 75는 무 삭피기계 시작기용 제어장치이다. 제어장치의 프로그램 명령장치는 PLC를 이용하였고, 상기의 무 삭피기계가 최적 작업속도와 최고 성능을 유지할 수 있도록 공압작동 솔레노이드 밸브, 모터구동 릴레이와 인터페이스 시키고, 케이스내에 장치하였다. 제어장치 박스의 외면에 각 장치를 수동조작, 전체 자동조작, 전원, 급정지 등의 푸시보턴을 설치하여 사용의 편의를 기하였다. 기계 작동의 프로그램을 작성하고 기계를 가동시키면서 프로그램의 버그를 수정하여, 완벽한 제어장치로 제작할 수 있는 기술을 습득하였다. 상세한 내용은 제8절의 제어장치 설명에 수록하였기 때문에 여기서의 설명은 생략하였고 이용된 장치의 규격은 다음과 같다.

- TinyPLC 일체형 SB-65R 모델
- 일체형 PLC (CPU+베이스보드+SMPS)
- DC24V 입력 28점, RELAY 출력 26점 내장
- TPC38 사용 (12000 스텝)

2) 성능시험

시작기로 설계제작한 삭피기계는 수차례 예비 성능시험을 실시하고, 문제점을 개선하여 완벽한 기계의 작동과 삭피작업이 이루어 지도록 한 결과 무청절단, 뿌리꼬리절단 및 삭피의 일관 작업속도는 10초/개로서 초기 목표를 달성하였다. 이는 인력의 6배의 효율로 추정된다. 그림 76 - 77은 삭피된 알타리무의 모습과 삭피기계의 작업과정을 나타낸 것이다.



삭피가공 전

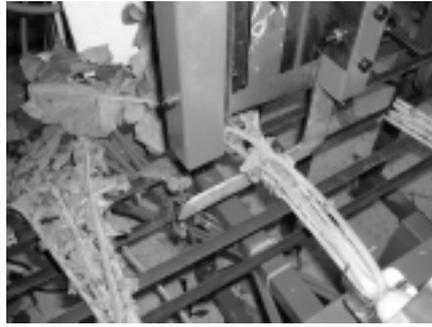


삭피가공 후

그림 76. 기계삭피 전후의 알타리무



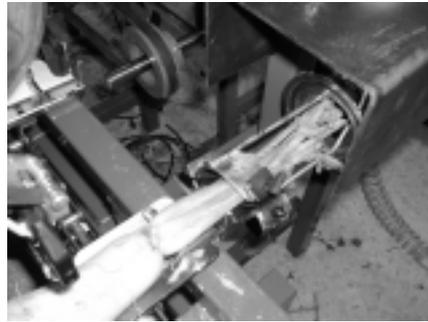
a. 일관작업 과정



b. 무청 절단



뿌리 절단



무청 홀딩과 선회



뿌리부 삭피

그림 77. 삭피기계 시작기 작동결과

라. 요약 및 결론

본 연구에서는 가능할 것으로 판단되는 몇가지 삭피방식을 고안하여 삭피장치를 설계제작하고 시험하여 최적의 알타리무 삭피방법을 찾고, 실용화할 수 있는 기계를 개발하기 위하여 수행하였고, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 고안된 삭피방식은 칼날벨트, 브러쉬 및 선회칼날 방식으로 각 방식의 시험용 삭피장치를 설계 제작하고 시험한 결과 칼날벨트와 브러쉬형 삭피장치는 알타리무의 삭피가 원활하게 이루어지지 못하였고, 칼날부의 칩의 부착, 칼날부 제작의 어려움 등의 문제점이 있었다.
- 2) 선회칼날형 삭피장치는 알타리무 삭피가 완벽하게 이루어 졌고, 칼날의 청소가 불필요하며, 구조가 다른 두 방식보다 간단하여 실용기계화가 가능하였다.
- 3) 선회칼날형 삭피장치를 개선하여 적용하고, 무청절단장치와 무뿌리꼬리 절단장치, 이송장치 및 자동제어장치로 구성된 삭피기계 시작기를 개발하였다.
- 4) 개발된 삭피기계는 인력에 의해 무를 가공라인 상에 올려놓기만 하면 무청 절단, 뿌리꼬리 절단, 삭피 작업을 일관자동으로 수행할 수 있었다.
- 5) 개발된 삭피기계의 작업속도는 10초/개로 인력의 6배 이상으로 기업의 상품화가 가능한 것으로 판단되었다.

6. 알타리무 가공라인 개발

가. 서언

본 연구에서는 선행연구로서 알타리무 삭피기계 개발 연구와 가공라인 최적화 연구의 결과를 종합하여 상품화 가능한 가공라인을 개발하고자 수행하였다. 알타리무 가공라인은 무가공기계와 세척장치를 연결하여 구성한 것으로 인력에 의하여 선별과 불가식부를 제거한 무를 가공기계의 이송부 무받이 상에 올려놓기만 하면 무가공기계에서 자동으로 무청절단, 뿌리꼬리부 절단 및 삭피작업을 완료하고 가공기계의 끝단에서 세척장치로 떨어져 세척작업을 수행하는 일관 자동화 작업라인이다.

나. 알타리무 가공기계

1) 구조와 작동원리

가) 전체 구조

그림 78은 기초연구를 바탕으로 고안된 알타리무 가공기계의 구조와 작동원리를 설명하기 위한 전체구조도이다. 이 기계는 알타리무를 인력으로 이송라인 상에 공급하면 이송라인이 이송, 정지하면서 잎 2등분 절단, 뿌리꼬리 절단 및 뿌리 삭피가 이루어지며, 센서를 통하여 무의 유무 및 위치를 검출하게 되고, 기계를 자동으로 작동시키며, 일련의 작업공정이 연속하여 자동으로 이루어지도록 제어장치를 구성하였다.

그림 78에 도시된 바와 같이 본 무 가공기계는 크게 무이송장치(A), 무청절단장치(B), 무뿌리꼬리절단장치(C), 무선회장치(D), 무 삭피장치(E) 및 보조선회장치(F)로 이루어진다.

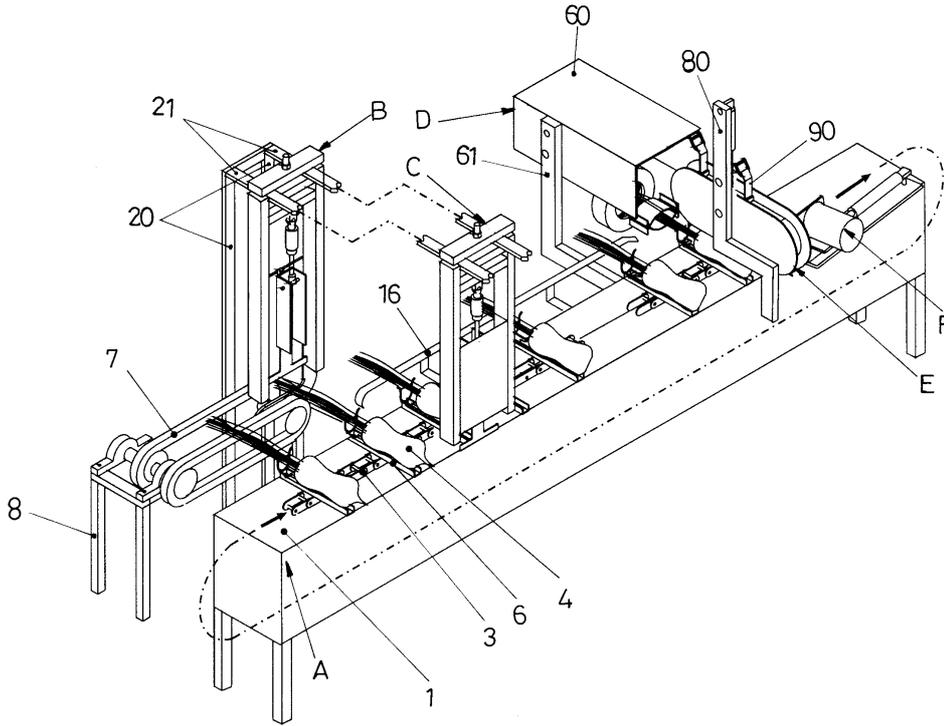


그림 78. 알타리무 가공기계의 전체구조.

그림 78에서 그림 84까지의 각 장치와 부품을 지적하는 부호와 숫자의 명칭은 다음과 같이 정의하고 이하의 설명은 동일부호와 숫자를 사용하였다.

<도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

- | | |
|----------------------|---------------|
| 1 : 본체 | 2 : 체인가이드 |
| 3,3.7 : 제 1,2어태치먼트체인 | 4 : 무 |
| 4a : 뿌리꼬리 | 5 : 무청 |
| 6 : 무탑재부재 | 7 : 무청지지이송벨트 |
| 10 : 무받이 | 12 : 무탑재위치판 |
| 14 : 무청가이드 | 20,80 : 수직프레임 |
| 21 : 가로프레임 | 22,42 : 고정볼트 |

24,41 : 수직지주	25,43 : 수평지주
26,40 : 지지프레임	28 : 무칭절단하부칼날
30,45,66,82,110 : 공압실린더	31,44,65,81,111 : 로드
33 : 무칭칼날고정대	35 : 무칭절단상부칼날
46 : 뿌리꼬리절단칼날고정대	47 : 뿌리꼬리절단칼날
48 : 고정벨트고정암	49 : 고무벨트
60 : 케이스	61 : 고정프레임
62 : 직선운동가이드	63 : 고정원판
64a : 끼움공	64 : 베어링홀더
67a : 곡선부	67,68 : 암로드
69 : 고정대	71 : 홀더부
72 : 과지부	73,74 : 무칭홀더
75 : 블베어링	76 : 스프링부재
77 : 모터축	78 : 브레이크모터
83 : 체인케이스	84 : 지지대
85,86 : 스프로켓	85a,130 : 모터
90 : 삭피칼날	92 : 칼날자루
94 : 몸체부	96 : 칼날부
98 : 깊이조절용 가이드	100 : 지지판
120 : 수직고정판	121 : 수평판
122 : 수직판	131 : 연결축
140 : 돌출원판	141 : 수평축
142 : 돌출날	150 : 타이밍벨트
A : 무이송장치	B : 무칭절단장치
C : 무뿌리꼬리절단장치	D : 무선회장치
E : 무삭피장치	F : 보조선회장치

를 위하여 무청지지대(16)가 설치된다.

다) 무청 절단장치

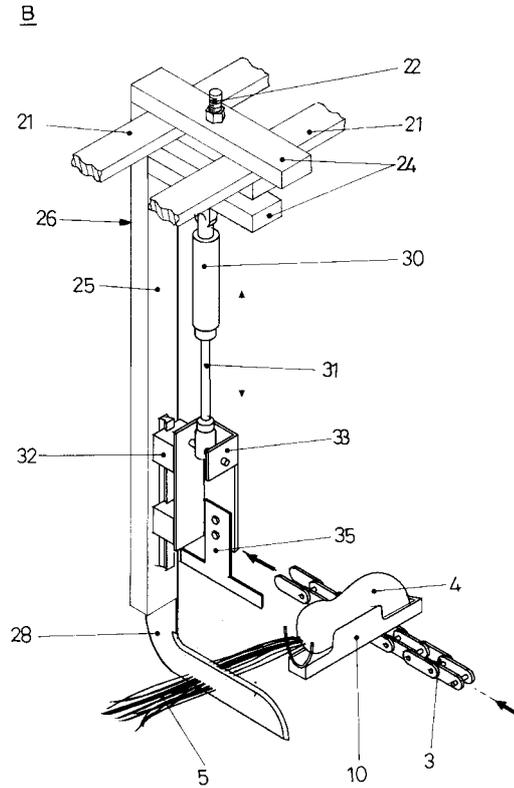


그림 80. 무청 절단장치 구조도

무청절단장치(B)는 본체(1) 후면에 입설된 한쌍의 수직프레임(20)과; 수직프레임(20) 상단에 수평으로 일측이 연결된 한쌍의 가로프레임(21)과; 가로프레임(21)에 고정볼트(22)로써 위치 조절이 가능하도록 삽입 체결된 한쌍의 수평지주(24)와, 수평지주(24)의 양단에 수직으로 구비된 수직지주(25)로 이루어진 지지프레임(26)과; 지지프레임(26)의 수직지주(25) 하단에 고정되고, 무청(5)이 안착 절단되는

무청절단하부칼날(28)과; 지지프레임(26)의 수평지주(24) 하부에 입설되고, 로드(31)가 구비된 공압실린더(30)와; 로드(31)의 하부에 고정된 무청칼날고정대(33)와; 무청칼날고정대(33) 하부 일측에 체결 고정되어 로드(31) 운동에 의해 상하로 이동되어 무청(5)을 절단하게 되는 무청절단상부칼날(35)로 이루어진다.

이때, 지지프레임(26)의 수직지주(25)와 무청칼날고정대(33) 사이에는 직선운동 가이드(32)가 설치되어 무청절단상부칼날(35)의 정확한 상하운동과 마찰을 줄이게 된다.

라) 무 뿌리꼬리 절단장치

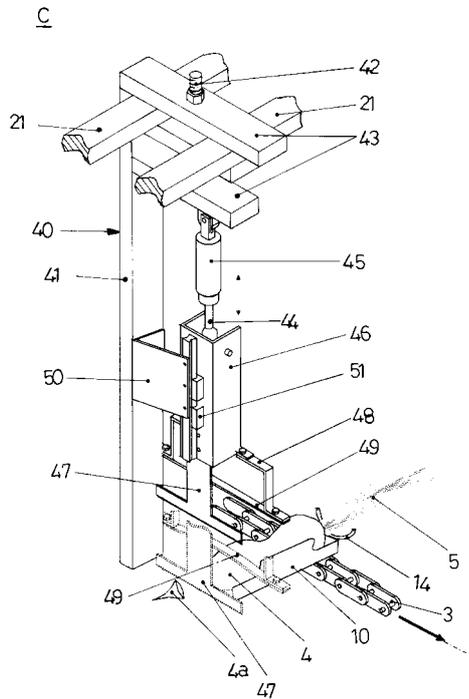


그림 81. 무 뿌리꼬리 절단장치 구조도

무뿌리꼬리절단장치(C)는 본체(1) 상부에 입설된 한쌍의 수직지주(41)와, 수직지주(41) 상부 사이에 수평으로 연결되고, 가로프레임(21) 타측에 고정볼트(42)로써 위치 조절이 가능하도록 삽입 체결된 수평지주(43)로 이루어진 지지프레임(40)과; 지지프레임(40)의 수평지주(43) 하부에 입설되고, 로드(44)가 구비된 공압실린

더(45)와; 로드(44) 하부에 고정된 뿌리꼬리절단칼날고정대(46)와; 뿌리꼬리절단칼날고정대(46) 하단 후면에 체결 고정되고, 로드(44)의 운동에 의해 상하로 이동되어 무(4)의 뿌리꼬리(4a)를 절단하게 되는 뿌리꼬리절단칼날(47)과; 뿌리꼬리절단칼날고정대(46) 하단 전면 양측에 반대 방향으로 각각 설치된 고무벨트고정암(48)과; 고정벨트고정암(48) 사이에 수평으로 연결되고, 무받이(10)에 탑재된 무(4) 외주면에 압착되어 무(4)의 이탈을 방지하게 되며, 자체 탄성력이 구비된 고무벨트(49)로 이루어진다.

이때, 지지프레임(40)의 수직지주(41) 사이에는 지지판(50)이 설치되고, 이 지지판(50) 전면과 뿌리꼬리절단칼날고정대(46) 후면 사이에는 직선운동가이드(51)가 설치되어 뿌리꼬리절단칼날(47)의 정확한 상하운동과 마찰을 줄이게 된다.

마) 무 선회장치

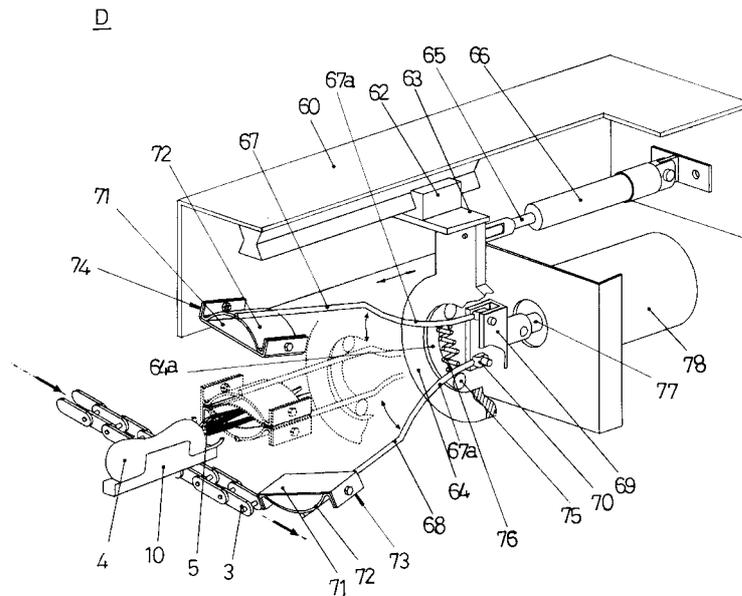


그림 82. 무 선회장치 구조도

무선회장치(D)는 본체(1) 후면에 고정프레임(61)으로써 돌출되게 설치된 케이스

(60)와; 케이스(60) 내부에 전후로 이동 가능하게 구비된 직선운동가이드(62)와; 직선운동가이드(62) 하부에 구비된 고정원판(63) 하부에 수직으로 돌출되게 설치되고, 하부에 원형의 끼움공(64a)이 형성된 베어링홀더(64)와; 베어링홀더(64) 상부와 케이스(60) 내측 사이에 설치되어 베어링홀더(64)를 전후로 이동시키는 로드(65)가 구비된 공압실린더(66)와; 베어링홀더(64)의 끼움공(64a)을 통하여 삽입되는 곡선부(67a)가 타측에 형성되고, 그 타단이 고정대(69) 내측 상하부에 힌지(70)로써 회동 가능하게 구비되며, 차체 탄성력을 갖는 암로드(67)(68)와; 암로드(67)(78) 일측에 각각 고정된 홀더부(71)와, 홀더부(71) 내측에 수평으로 각각 고정되어 무청(5)을 파지하게 되고, 고무재질의 파지부(72)로 이루어진 무청홀더(73)(74)와; 베어링홀더(64)의 끼움공(64a) 내주연에 회전 가능하게 삽입되어 그 내측에 암로드(67)(68)의 곡선부(67a) 외측이 접촉되어 미끄럼운동을 하게 되는 볼베어링(75)과; 암로드(67)(68)의 곡선부(67a) 내측 사이에 구비되어 암로드(67)(78)를 탄력적으로 지지하게 되는 스프링부재(76)와; 고정대(69) 후면에 모터축(77)으로써 설치되어 무청홀더(73)(74)를 회전시키는 브레이크모터(78)로 이루어진다.

이때, 브레이크모터(78)는 무청홀더(73)(74)를 약 1.25회전시키게 되는 데, 이와 동시에 무삭피장치(E)가 동작되고, 무(4)가 1회전될 때 삭피작업이 완료된다. 삭피작업이 완료되면, 브레이크모터(78)를 약 0.75회전시켜 무청홀더(73)(74)가 수평으로 벌어진 초기상태를 유지시키게 된다.

또한, 고정대(69)의 상부에는 돌기부(미도시)를 입설하고, 이를 감지하게 되는 감지센서(미도시)를 구비한 다음, 브레이크모터(78)를 제어하여 무청홀더(73)(74)의 초기상태를 유지하도록 하였다.

바) 무 삭피장치

무삭피장치(E)는 본체(1)의 전면에 돌출되게 설치된 수직프레임(80)과; 수직프레임(80)에 수직으로 설치되고, 로드(81)가 구비된 공압실린더(82)와; 공압실린더(82)의 로드(81) 타단이 고정되고, 전면에 체인케이스(83)가 고정된 지지대(84)와; 체인케이스(83) 내부 양측에 회전 가능하게 축설되고, 그 일측에 모터(85a)가 구비된 스프로켓(85)(86)과; 스프로켓(85)(86) 사이에 연결되어 모터(85a)의 회전력을 전달하게 되는 제 2어태치먼트체인(87)과; 제 2어태치먼트체인(87)의 외주연에 돌

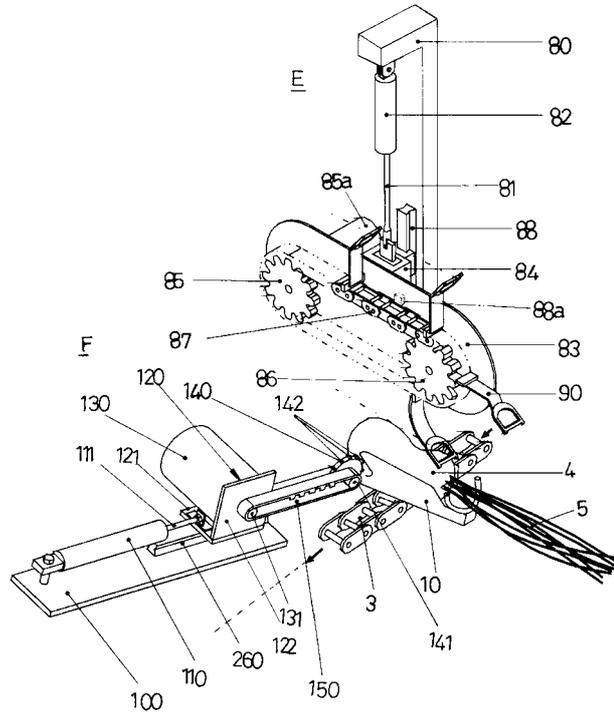


그림 83. 무 삭피장치 구조도

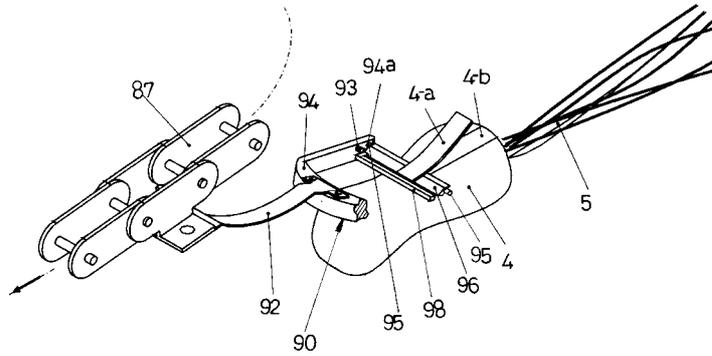


그림 84. 삭피칼날에 의한 무의 삭피원리의 상세도

출되게 설치되어 무(4)를 삭피하게 되는 다수의 삭피칼날(90)로 이루어진다.

이때, 수직프레임(80)과 지지대(84) 사이에는 직선운동가이드(88)가 설치되어 삭피칼날(90)의 원활한 상하 직선운동을 안내하게 되고, 직선운동가이드(88)의 끝단에는 삭피칼날(90)이 무(4)의 뿌리를 완전히 깎을 수 있을 정도로 내려오면 정지 되도록 돌기형의 스톱퍼(88a)가 돌설된다.

그리고, 삭피칼날(90)은 제 2어태치먼트체인(87) 외주연에 그 일측이 돌출 설치된 칼날자루(92)와; 칼날자루(92) 타측에 일측이 고정되고, 대응되게 끼움공(94a)이 형성되며, 타측이 개구된 칼날몸체(94)와; 칼날몸체(94)의 끼움공(94a)에 고정핀(95)으로써 회동 가능하게 삽입되어 무 표면을 삭피하는 칼날부(96)와; 칼날부(96) 내측으로 일체로 형성되어 무 표면을 일정 깊이만 깎도록 안내하는 깊이조정용 가이드(98)로 이루어진다.

이때, 칼날자루(92)는 칼날부(96)가 적당한 압력으로 무 표면을 파고들면서 굴곡면을 따라 오르내리도록 하기 위해 입사각을 갖는 스프링판으로 구성된다.

또한, 칼날부(96)는 무 표면에 접촉시 언제라도 밑으로 향하도록 하여야 하는데, 칼날부(96)의 무게 중심과 고정핀(95)의 중심을 편심시키고, 고정핀(95)의 직경을 끼움공(94a) 내경보다 작게하여 조립함으로써 칼날부(96)의 꼬리분이 아래로 처지도록 하고, 그 일정한 처짐을 한계로 하기 위하여 칼날몸체(94)에 고정돌기(93)를 설치하였다.

사) 보조 선회장치

그림 83의 보조선회장치(F)는 본체(1)의 상부에 고정 설치된 지지판(100)과; 지지판(100) 일면에 길이 방향으로 구비되고, 로드(111)가 구비된 공압실린더(110)와; 공압실린더(110)의 로드(111) 타단이 고정되는 수평판(121)과, 수평판(121)에 직각을 유지하여 입설된 수직판(122)으로 일어진 수직고정판(120)과; 수직고정판(120)의 수직판(122)에 수평으로 연결축(131)으로써 축설된 모터(130)와; 연결축(131)과 대응되게 수평축(141)이 수평으로 축설되고, 외주면에 등간격으로 돌출날(142)이 형성되어 무(4)에 접촉하여 무(4)에 대한 회전력을 부가시키게 되는 돌출원판(140)과; 연결축(131)과 수평축(141) 사이에 연결되어 모터(130)의 회전력을 돌출원판(140)으로 전달하게 되는 타이밍벨트(150)로 이루어진다.

이때, 지지판(100)과 수직고정판(120)의 수평판(121) 사이에는 직선운동가이드

(260)가 설치되어 돌출원판(140)의 원활한 전후 직선운동을 안내하게 된다.

아) 무 가공기계의 작동 원리

한편, 그림 85는 상기한 바와 같이 가공되는 무(4)가 가공되는 순서를 왼쪽으로부터 오른쪽으로 나타낸 것으로, 왼쪽의 가공되지 않은 무(4)는 왼쪽에서 두 번째와 같이 무청(5)이 3단계로 절단되고, 세 번째에서는 뿌리꼬리(4a)가 절단되며, 마지막에서는 뿌리부의 삭피가 완료되는 순서로 가공된다. 이때, 무청(5)은 3등분으로 절단되고, 상기한 무청절단장치(B)를 2대 병렬로 설치함으로써 가능하게 되며, 앞부분(5-a)은 쓰레기로 버리고, 줄기부(5-b)는 수거하여 김치를 담그는 데 이용되고, 밑줄기부(5-c)는 무(4)에 붙여 이용된다.

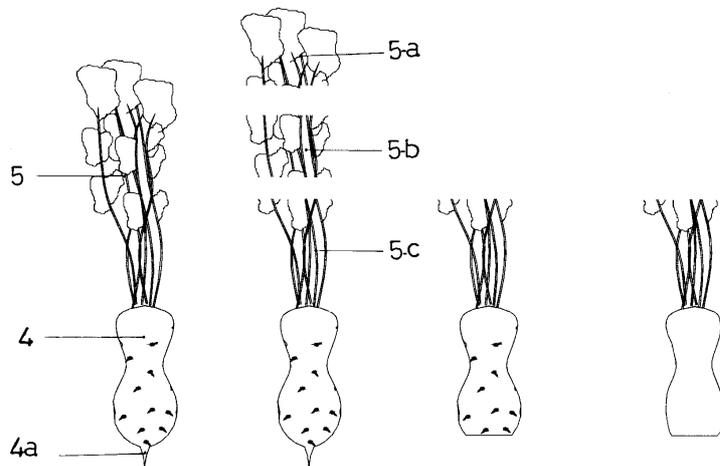


그림 85. 알타리무의 가공순서

이와 같이 고안하여 구성한 본 무(알타리 무) 가공기계의 동작상태를 설명하면, 먼저 그림 78 내지 그림 79에서와 같이 적정 크기의 무(4) 겹잎을 처리한 다음, 이를 무이송장치(A)의 무탑재부재(6)에 탑재하게 되는 데, 이때 무청(5)을 무탑재부재(6)의 무청가이드(14) 내부로 넣으면서 뿌리와 무청(5)의 연결부가 무받이(10)의 무탑위치판(12)에 형성된 안착홈(12a) 끝에 일치하게 무(4)를 올려 놓게 됨

로써 정확하게 탑재가 완료되는 것이다.

이와 같이 탑재가 완료된 무(4)는 뿌리가 무받이(10) 내부에 위치되고, 무청(5)이 본체(1) 일측의 받침대(8) 상부에 회전 가능하게 구비된 무청지지이송벨트(7) 상부에 얹혀지게 되는 것이다.

그림 80에서와 같이 본체(1) 상하부에 안착 설치된 체인가이드(2)를 따라 제 1어태치먼트체인(3)이 이송되고, 무청지지이송벨트(7)가 동작됨에 따라 무(4)가 탑재되고, 제 1어태치먼트체인(3) 상부에 설치된 무받이(10)가 무청절단장치(B) 위치로 오게된다.

즉, 무받이(10)에 탑재된 무청(5)이 무청절단장치(B)의 무청절단하부칼날(15) 상부에 위치되면 무받이(10)의 이송이 일시 정지되고, 공압조작에 의해 지지프레임(26)의 수평지주(24) 하부에 입설된 공압실린더(30)가 동작되어 로드(31)가 하방으로 신장된다.

이에 따라 로드(31) 하부에 고정된 무청칼날고정대(33)가 하방으로 이동되고, 무청칼날고정대(33) 하부 일측에 체결 고정된 무청절단상부칼날(35)이 하방으로 이동되어 무청절단하부칼날(28) 상부에 위치된 무청(5)을 절단하게 된다.

이와 동시에 공압실린더(30)의 로드(31)가 상방으로 신축되고, 무청칼날고정대(33)와 무청절단하부칼날(15)이 상부로 이동됨으로써 무청절단 작업이 완료되어 다음 무청절단 작업을 대기하게 된다.

이때, 지지프레임(26)의 수직지주(25)와 무청칼날고정대(33) 사이에는 직선운동가이드(32)가 설치되어 무청절단상부칼날(35)의 정확한 상하운동과 마찰을 줄이게 된다.

그리고, 본체(1) 후면의 수직프레임(20) 상단에 수평으로 일측이 연결된 가로프레임(21)에 고정볼트(22)로써 위치 조절이 가능하도록 지지프레임(26)이 삽입체결되는 데, 이는 무청(5)을 절단하는 위치가 무(4)의 크기에 따라 다르기 때문에 절단위치의 이동시 고정볼트(22)를 풀고 무청절단상,하부칼날(35)(28)을 이동하여 다시 고정할 수 있게 된다.

이와 같이 무청절단 작업이 완료되면 그림 81에서와 같이, 무받이(10)에 탑재된 무(4)가 제 1어태치먼트체인(3)에 의해 이송되어 무뿌리꼬리절단장치(C) 위치로 이송되면, 그 이송이 일시 정지되고 공압조작에 의해 지지프레임(40)의 수평지주(43) 하부에 입설된 공압실린더(45)가 동작되어 로드(44)가 하방으로 신장된다.

이에 따라 로드(44) 하부에 고정된 뿌리꼬리절단칼날고정대(46)가 하방으로 이동되고, 뿌리꼬리절단칼날고정대(46) 하단 후면의 뿌리꼬리절단칼날(47)과 뿌리꼬리절단칼날고정대(46) 하단 전면 양측의 고무벨트고정암(48)이 하방으로 이동된다.

이때, 고정벨트고정암(48) 사이에 수평으로 연결된 고무벨트(49)가 재질의 특성으로 무반이(10)에 탑재된 무(4) 외주연에 압착되어 무(4)의 이탈을 방지하게 되고, 뿌리꼬리절단칼날고정대(46) 하단 후면의 뿌리꼬리절단칼날(47)이 무(4)의 뿌리꼬리(4a)를 절단하게 된다.

이와 동시에 공압실린더(45)의 로드(44)가 상방으로 신축되고, 뿌리꼬리절단칼날고정대(46), 뿌리꼬리절단칼날(47) 및 고무벨트고정암(48)이 상방으로 이동됨으로써 뿌리꼬리절단 작업이 완료되어 다음 작업을 대기하게 된다.

이때, 지지프레임(40)의 수직지주(41) 사이에는 지지판(50)이 설치되고, 이 지지판(50) 전면과 뿌리꼬리절단칼날고정대(46) 후면 사이에는 직선운동가이드(51)가 설치되어 뿌리꼬리절단칼날(47)의 정확한 상하운동과 마찰을 줄이게 된다

그리고, 본체(1) 상부에 입설된 수직지주(41) 상부 사이에 수평으로 연결되고, 가로프레임(21) 타측에 고정볼트(42)로써 위치 조절이 가능하도록 삽입 체결되는데, 이는 무칭(5)을 절단하는 위치가 무(4)의 크기에 따라 다르기 때문에 절단위치의 이동시 고정볼트(42)를 풀고 뿌리꼬리절단칼날(47)을 이동하여 다시 고정할 수 있게 된다.

이와 같이 무 뿌리꼬리절단 작업이 완료되면 그림 82에서와 같이, 무칭(5)이 붙어있는 상태에서 뿌리부 전체를 삭피하여야 하므로 무(4)의 선회는 무칭(5)을 잡고서 돌리는 수 밖에 없게 된다.

이를 구체적으로 설명하면, 무반이(10)에 탑재된 무(4)가 제 1어태치먼트체인(3)에 의해 이송되어 무선회장치(D)의 무칭홀더(73)(74) 중앙 영역으로 위치되면, 그 이송이 일시 정지되고, 공압조작에 의해 베어링홀더(64) 상부와 케이스(60) 내측 사이에 설치된 공압실린더(66)가 동작되어 로드(65)가 전방으로 신장(전진)하게 된다.

그러면, 본체(1) 후면에 고정프레임(61)으로써 돌출되게 설치된 케이스(60) 내부에 전후로 이동 가능하게 구비된 직선운동가이드(62)가 전진하게 됨에 따라 원형의 끼움공(64a)이 형성된 베어링홀더(64)가 전진하게 된다.

이에 따라 베어링홀더(64)의 끼움공(64a) 내주연에 회전 가능하게 삽입된 볼베어링(75)의 내측이, 베어링홀더(64)의 끼움공(64a)을 통하여 삽입되고, 타단이 고정대(69) 내측 상하부에 힌지(70)로써 회동 가능하게 구비된 암로드(67)(68)의 곡선부(67a) 외측에 접촉되어 미끄럼운동으로 전진하게 되면서 곡선부(67a)를 벗어나게 됨으로써 암로드(67)(68)가 압착되어 오르라지게 된다.

이와 동시에 암로드(67)(68) 일측에 각각 홀더부(71)로써 고정되고, 홀더부(71) 내측에 수평으로 각각 고정되는 고무재질의 파지부(72)가 상호 맞닿게 되면서 무받이(10)의 무청가이드(14)에 위치된 무청(5)을 안정되게 파지하게 된다. 이때, 암로드(67)(68)의 곡선부(67a) 내측 사이에 구비된 스프링부재(76)가 압축되는 것이다.

그 다음으로 고정대(69) 후면에 모터축(77)으로써 수평으로 설치된 브레이크모터(78)가 동작되어 무청홀더(73)(74)를 약 1.25회전시키게 된다. 이때, 무청홀더(73)(74)의 회전과 동시에 무삭피장치(E)가 동작되고, 무(4)가 1회전될 때 삭피가 완료된다.

삭피완료 후 공압실린더(66)의 로드(65)가 신축(후퇴)되고, 이에 따라 베어링홀더(64)의 끼움공(64a) 내주연에 회전 가능하게 삽입된 볼베어링(75)의 내측이 암로드(67)(68)의 외측에 접촉되어 미끄럼운동으로 후진하게 되면서 곡선부(67a)에 일치되는 순간 암로드(67)(68)의 곡선부(67a) 내측 사이에 압축된 스프링부재(76)가 복원력으로써 암로드(67)(68)가 벌어지게 되면, 다시 브레이크모터(78)가 약 0.75회전되어 무청홀더(73)(74)가 수평으로 벌어진 초기상태를 유지하게 됨으로써 무선회장치(D)가 완료되어 다음 작업을 대기하게 된다.

이때, 고정대(69)의 상부에는 돌기부(미도시)가 입설되고, 이를 감지하게 되는 감지센서(미도시)가 구비되어 브레이크모터(78)를 제어하여 무청홀더(73)(74)의 초기상태가 유지되도록 하였다.

이와 같이 동작되는 무선회장치(D)로써 무청(5)을 안정되게 파지한 상태에서 무삭피장치(E)가 동작되어 무(4)에 대한 삭피작업이 이루어지는 것이다. 이를 그림 83을 참조로 설명하면, 무청홀더(73)(74)에 의해 무청(5)이 파지된 상태에서 공압조작에 의해 본체(1) 전면의 수직프레임(80)에 수직으로 설치된 공압실린더(82)가 동작되어 로드(81)가 하방으로 신장된다.

이에 따라 로드(81) 타단이 고정되고, 전면에 체인케이스(83)가 고정된 지지대

(84), 체인케이스(83) 내부 양측에 회전 가능하게 축설되고, 모터(85a)가 구비된 스프로켓(85)(86), 스프로켓(85)(86)에 연결되는 제 2어태치먼트체인(87) 및 제 2어태치먼트체인(87)의 외주면에 돌출되게 설치된 삭피칼날(90)이 동시에 하방으로 이동되고, 삭피칼날(90)의 칼날부(96)가 무(4)의 머리 꼬리분에 닿는 순간 무선회장치(D)가 무(4)를 선회시키게 된다.

이때, 수직프레임(80)과 지지대(84) 사이에는 직선운동가이드(88)가 설치되어 삭피칼날(90)의 원활한 상하 직선운동을 안내하게 되고, 직선운동가이드(88)의 끝단에는 스톱퍼(88a)가 돌설되어 삭피칼날(90)이 무(4)의 뿌리를 완전히 깎을 수 있을 정도로 내려오면 정지된다.

무선회장치(D)의 무칭홀더(73)(74)가 무칭(5)을 파지하고 회전시킬 때 삭피칼날(90)은 무(4)의 뿌리를 중단으로 삭피하게 되고, 무칭(5)이 약 1.25회전하면 무(4)의 뿌리는 약 1회전하여 뿌리부의 삭피가 완료된다.

이러한 삭피칼날(90)은 모터(85a)와 직접 연결된 스프로켓(85)(86)으로 구동되는 제 2어태치먼트체인(87)에 체결되어 제 2어태치먼트체인(87)의 직선-원주운동 궤적을 따라 이동되면서 칼날부(96)가 무(4)의 뿌리부에 접하여 삭피하게 된다.

이와 같이 삭피가 완료되면 공압실린더(82)의 로드(81)가 상방으로 신축됨에 삭피칼날(90)이 상방으로 복귀되어 다음 작업을 대기하게 된다.

한편, 삭피가 완료된 무(4)는 무받이(10)가 탑재된 상태로 이동되다가 본체(1)를 벗어나게 되면 무받이(10)로부터 이탈되어 바닥으로 떨어지게 되고, 떨어진 무(4)는 미도시된 세척조에 담겨져 다음공정을 진행하게 되는 것이다.

그리고, 절단되어 떨어지는 무앞과 무칭 및 삭피된 무껍질 등은 본체(1) 하부에 설치된 수거통(미도시)에 담겨져 처리가 되어 청소하는 인력과 위생적인 작업이 가능하게 되었으며, 또한 본체(1)의 후면 영역에 설치된 무칭지지대(16)에 의해 무칭(5)의 처짐방지와 각 장치로의 안전하게 안내가 가능하게 되었다.

한편, 무받이(10)에 탑재된 무(4)가 삭피칼날(90)의 압력을 받으면서 선회시, 무(4)의 표면과 무받이(10) 표면과의 마찰저항이 작용하게 됨으로써 무칭(5)만을 잡고서 회전하는 것을 무칭(5)의 강도가 약하여 무칭(5)이 파단되는 문제점이 발생되어 보조선회장치(F)를 구비하게 되었다.

이를 구체적으로 설명하면, 보조선회장치(F)의 날돌출원판(140)은 알루미늄 원판의 외주면에 돌출된 돌출날(142)이 무(4)에 접촉되어 회전하게 됨으로써 무(4)

에 대한 회전력을 부가시키게 되었으며, 무청(5)의 개수가 적거나 약한 경우에도 무(4)의 선회가 가능하게 된다.

이때, 날돌출원판(240)은 수직고정판(120)의 수직판(122)에 연결축(310)으로써 설치된 모터(130)의 회전력이 연결축(131)과 수평축(141) 사이의 타이밍벨트(150)에 의해 전달되어 확실히 동작되고, 무청홀더(73)(74)의 선회와 동시에 작동하도록 하며, 그 전후진 동작은 공압실린더(110)의 로드(111)와 지지판(100)과 수직고정판(120)의 수평판(121) 사이에 설치된 직선운동가이드(260)에 의해 가능하게 되었고, 보조선회장치(F)는 본체(1) 상부에 고정 설치된 지지판(100)에 설치 작동하도록 하였다.

한편, 그림 84를 참조로 무삭피장치(E)에서 삭피칼날(90)의 동작상태를 상세히 설명하면, 무반이(10)에 탑재된 무(4)가 제 1어태치먼트체인(3)에 의해 삭피칼날(90)의 중앙 영역에 위치되면, 그 이송이 일시 정지되고 직선-원주운동하는 제 2어태치먼트체인(87)에 칼날자루(92)로써 설치된 삭피칼날(90)이 하방으로 내려와 칼날부(96)가 무(4)의 뿌리표면을 깎게 된다.

이때, 칼날부(96)는 내측으로 일체로 형성된 깊이조정용 가이드(98)에 의해 무 뿌리가 일정깊이로만 깎아지게 되고, 칼날(96)은 무 표면에 접촉시 언제라도 밑으로 향하도록 하여야 하는 데, 칼날부(96)의 무게 중심과 고정핀(95)의 중심을 편심시키고, 고정핀(95)의 직경을 끼움공(94a) 내경보다 작게하여 조립함으로써 칼날부(96)의 꼬리분이 아래로 처지도록 하고, 그 일정한 처짐을 한계로 하기 위하여 칼날몸체(94)에 고정돌기(93)를 설치하였다.

그리고, 칼날자루(92)는 칼날부(96)가 적당한 압력으로 무 표면을 파고들면서 굴곡면을 따라 오르내리도록 하기 위해 입사각을 갖는 스프링판으로 구성됨으로써 무(4) 종방향으로 칼날부(96)가 이동되어 일정 두께의 절삭칩(4-a)이 깎여 나오고, 매끈한 절삭면(4-b)이 만들어지도록 하였다.

2) 최적 삭피속도의 이론적 해석

알타리무 삭피장치는 무청홀더에 의해 무청을 잡고 무를 회전시킬 때 상부의 삭피칼날이 선회하면서 무 표면을 삭피하는 구조를 갖는다. 알타리무의 뿌리부가 삭피칼날에 의해 처음 삭피되는 지점과 그 다음 삭피되는 지점의 삭피간격은 삭

피 깊이에 따라 적당한 거리를 가져야 한다. 삭피간격이 너무 넓으면 미삭피 부분이 발생하고, 너무 좁으면 2중삭피가 되고 삭피속도가 느리게 된다. 최대 삭피 깊이는 알타리무 뿌리의 표피두께보다 알아야 하며 알타리무 표피두께는 평균 2 mm로 조사되었다

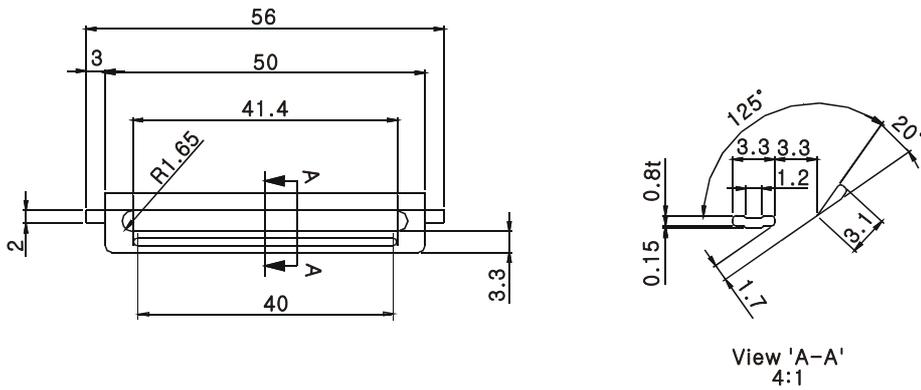


그림 86. 삭피칼날의 상세도

그림 86은 삭피칼날의 상세를 나타낸 것이다. 삭피칼날은 시중에서 판매되고 있는 가정용 삭피칼을 개조하여 칼날각 20°, 여유각 10°, 경사각 60°가 되고, 삭피된 칩의 두께가 1.5 mm가 되게 가공하여 사용하였다.

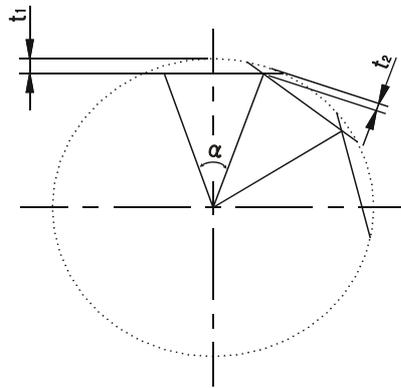


그림 87. 최적 삭피회수 계산 설명도

그림 87은 최적 속도를 구하기 위한 설명도를 나타낸 것이다. 알타리무의 최대 직경을 원으로 간주하였다. 칼날을 이용하여 무를 삭피할 때, 삭피깊이는 t_1 이고 앞선 칼날의 삭피면과 뒤 칼날의 삭피면의 교차점 삭피깊이는 t_2 이다. 여기서 t_2 는 가장 얇게 삭피되는 지점이다. 삭피깊이 t_1 과 t_2 를 알타리무 표피의 두께가 전부 깎여나가지 않게 결정 할 때 알타리무가 1회전 시 필요한 삭피횟수를 구해보았다.

다음 식들은 알타리무가 1회전 할 때 필요 삭피회수 N_{tot} 을 구하기 위한 수식들이다.

$$\frac{\alpha_c}{2} = \cos^{-1}\left(\frac{D-t_1}{D-t_2}\right) \quad (1)$$

$$N_{tot} = \frac{360}{\alpha_c} \quad (2)$$

$$N_{1s} = \frac{N_{tot}}{R_t} \quad (3)$$

α_c : 삭피단면 각 D : 알타리무 뿌리의 최대직경 t_1 : 삭피깊이 t_2 : 최소 삭피깊이 N_{tot} : 알타리무 1회전 시 삭피횟수 N_{1s} : 1초 동안 삭피횟수
 R_t : 무의 1회전 시간

그림 88은 알타리무 뿌리부 최대직경의 분포를 조사한 결과이다. 조사대상 알타리무의 개수는 491개 중 뿌리부 최대 직경의 평균은 49 mm이며 표준편차는 5.68로 나타났다. 여기서 전체 알타리무 중 95%의 직경이 37.64에서 60.36사이로 나타났다.

알타리무의 껍질의 두께는 조사결과 평균 2 mm로 나타났고, 적용한 삭피칼날에 의한 삭피시 삭피깊이 t_1 은 1.5 mm로 나타났다. 알타리무 김치를 담글 때 이물질 제거하기 위해 최외곽 껍질의 미 삭피부는 없어야 한다. 따라서 알타리의 최외곽 껍질을 제거하기 위해 최소 삭피깊이를 t_2 를 0.5 mm로 하기 위한 알타리무의 회전속도와 삭피칼날의 진행속도를 구명할 필요가 있다.

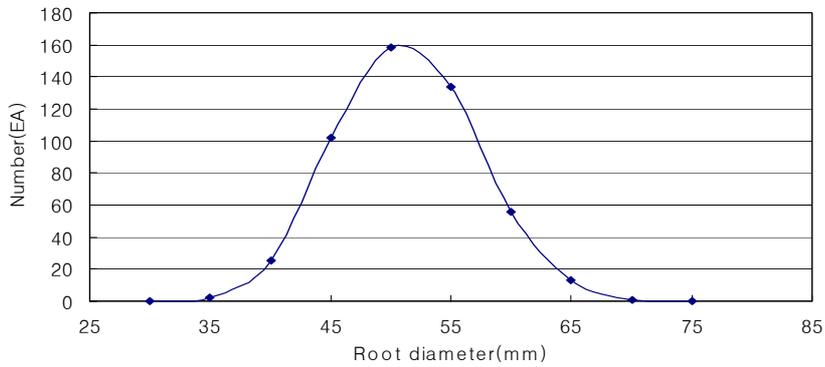


그림 88. 알타리무 뿌리부 최대직경 분포

알타리무의 최적 직선삭피속도는 0.2m/s로 시험되었고, 삭피장치에서 삭피칼날은 회전하는 체인벨트에 76.2 mm 간격으로 9개가 부착되어 선회하면서 직선운동부에 위치하는 무의 표면을 삭피한다. 실제 설계에서 칼날 이송용 체인의 피치는 19.05 mm이고 스프라켓의 피치원은 73.06 mm이며, 삭피칼날은 4개의 링크마다 하나씩 부착하였고, 스프라켓은 50rpm으로 구동되게 하였다. 그러므로 실제 직선삭피속도는 0.19 m/s 로 계산되며, 초당 2.5개의 칼날이 한 지점을 통과하는 속도이다.

표 6. 직경 변화에 따른 무 1회전시 필요 삭피회수(삭피속도 0.19m/s 고정)

직경(mm)	사이각(α)	삭피횟수 (회/1회전)	무1회전 당 삭피시간(초)	무 선회모터 회전수(RPM)
35	39.5	9.1	3.64	16.5
40	36.9	9.8	3.92	15.3
45	34.7	10.4	4.16	14.4
50	32.9	10.9	4.36	13.8
55	31.3	11.5	4.60	13.0
60	29.9	12.0	4.80	12.5
65	28.7	12.5	5.00	12.0
70	27.7	13.0	5.20	11.5

표 6은 위의 식을 통하여 구한 무의 직경에 따른 무 1회전 시 필요삭피회수, 무 1회전시 삭피시간, 무 선회모터 회전수를 계산한 결과이다. 무의 최대 직경에서도 모두 삭피되는 조건으로 보면 무 선회모터의 회전수는 11.5 rpm 으로 계산된다. 그러나 실제 적용모터는 규격품을 사용해야 하므로 12 rpm을 설계상 적용시켰다

표 7은 삭피칼날 구동용 모터의 회전수를 50 RPM, 무 선회모터의 회전수를 12 rpm으로 고정하였을 경우 무의 직경에 따른 최소삭피깊이(t_2)를 계산한 것이다. 직경이 작은 무의 경우 과도하게 삭피가 되며, 직경이 65 mm의 경우 목표삭피깊이인 0.5 mm을 삭피하며, 직경이 70 mm이상의 경우는 그렇지 않은 것으로 나타났다.

시작기로 설계한 삭피기계는 모든 크기의 알타리무를 비삭피부분이 없도록 삭피할 수 있는 것으로 판단된다.

표 7. 알타리무 직경에 따른 최소 삭피깊이

직경(mm)	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
t_2 (mm)	1.23	1.15	1.07	0.99	0.91	0.84	0.76	0.68	0.60	0.52	0.44

3) 시작기 설계제작

그림 89는 기초연구를 바탕으로 설계제작한 알타리무 가공기계의 사진이다. 이 사진에서는 가공기계의 구조를 명확하게 보여주기 위하여 외장용 카버는 씌우지 않은 상태를 촬영한 것이다. 그림 78에 설명한 구조와 동일하며, 되도록 상품화 가능하게 설계하였다. 표 8은 설계제작한 알타리무 가공기계의 규격을 나타낸 것이다.



그림 89. 알타리무 가공기계 시작기

표 8 무 가공기계의 규격

일반단위 : mm

가로*세로*높이	3450*1100*1700
바닥부터 무받이높이	800
무 이송체인 규격	#60, 더블피치K1, 링크수186,어태치31
무 이송모터 규격	브레이크모터 60W,15rpm(선속도0.15m/s)
무청절단칼날 폭*두께	175*2
무청절단칼날 행정높이	125
뿌리 절단칼날폭 두께(폭*두께)	120*2
뿌리 절단칼날 행정높이	125
삭피칼날 선회모터규격	15W, 50RPM(선속도 0.19m/s)
삭피칼날 상하행정	125
삭피칼날	칼날각 30°, 폭 42, 두께 0.8
칼날과 가이드 사이의 각	130°
칼날부 지지판 길이*폭*두께	80*8*0.6
무청홀더끝부 반경, 벌림거리	280
무회전(홀더)모터규격	15W, 12RPM
보조선회장치 회전속도	15W, 12RPM
선회날끝의 직경*날길이*폭	50*3*7

4) 제어장치 개발

알타리무 가공기계의 각 작업공정에 따른 해당 장치의 작동을 일관 자동화하기 위하여 각 장치의 성능유지에 적합한 구동장치, 센서 및 제어회로를 개발하여 부착하고, 제어프로그램을 작성하여 성능 시험한 결과는 다음과 같다.

가) 제어장치의 선정

알타리무 전처리 가공시스템은 가공상태의 등급판정이 따르지 않으므로 시퀀스제어 방식이 좋을 것으로 판단되었다. 따라서 제어기로는 마이크로프로세서 방식에 의한 것보다 PLC방식에 의한 것이 보다 유용한 것으로 결정하였다. 우선 PLC방식을 적용시켜 문제점이 따를 경우 마이크로프로세서 방식을 도입하고자

하였다. 알타리무 공급이송장치와 삭피장치를 각각 독립 또는 조합하여 수동운전과 자동운전을 할 경우 입·출력 접점이 각각 30개미만으로 이에 적합한 PLC종류로서 컴파일 테크놀로지(COMFILE TECHNOLOGY)사의 반도체형 TPC-38 CPU을 선정하였다. 베이스보드와 보조기능 모듈의 회로를 조합한 제어장치는 Comfile Technology사에서 규격품으로 제작하여 판매하는 일체형PLC 제품인 SB-65R을 사용하였다.

표 9는 Comfile Technology사에서 규격품으로 제작하여 판매하는 일체형PLC 제품의 대표규격을 나타낸 것으로 규격품의 종류는 5가지 종류이다.

표 9. Comfile Techology사의 일체형PLC 규격

제품명	CPU	입력	출력	크기(W.H.D)
SB-14R	TPC32	8	6	92×75×45
SB-22R	TPC32	12	10	102×87×45
SB-30R	TPC32	8	6	102×87×45
SB-36R	TPC37	20	16	140×102×50
SB-65R	TPC38	28	26	190×135×50

선정된 TinyPLC 일체형 SB-65R의 특징적 규격은 다음과 같다.

- 일체형 PLC (CPU+베이스보드+SMPS)
- DC24V 입력 28점, RELAY 출력 26점 내장
- AC 85~264V 입력
- LCD, SGN 연결포트, 고속카운터, 엔코더
- RS 232/485 통신 모듈 내장 (전환식)
- TPC38 사용 (12000 스텝)
 - o 반도체형 PLC : 프로그램 메모리 128KByte
 - o 양방향성 I/O포트 68점, 80핀 팩키지
 - o 타이머,카운터 각각 256점 (워드 단위)
 - o 보조릴레이 1024점,KEEP릴레이 256점
 - o 데이터 영역 1024워드, 스텝 콘트롤 기능

- o 10비트 8채널 AD컨버터 내장
- o 10비트 2채널 DA컨버터 내장
- o 16비트 고속 카운터 내장

SB-65R은 4 Mhz의 프로그램 주파수로 작동되며, 1 스캔타임이 5 ms로서 일반 PLC와 마찬가지로 릴레이 레더 다이어그램을 사용하여 프로그램을 작성하며, PC의 RS232C 포트와 연결해서 다운로드 및 모니터링을 할 수 있다. TPC38 CPU 의 외부 인터페이스는 68개의 I/O 포트를 가지고 있으나, SB-65R은 이들 I/O중 54개를 외부와 인터페이스할 수 있도록 풀다운 저항을 처리한 5V 입력 28 점, DC 릴레이 출력 26점으로 구성하고 있다. 유저가 작성한 프로그램은 플래쉬 롬에 저장되고, 전원이 꺼져도 보존가능하다.

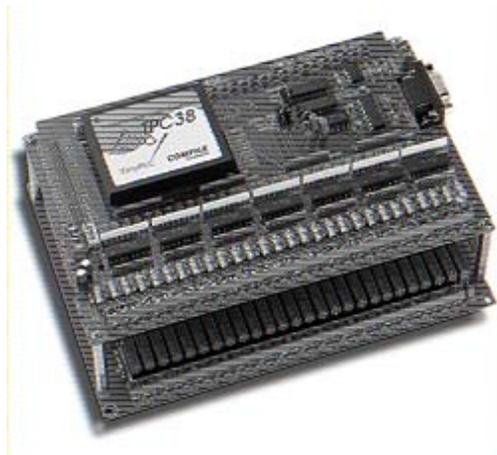


그림 90. SB-65R 사진

나) 무 가공기계의 입·출력 단자의 개수

표 10은 알타리무 가공기계 개발에 있어 필요한 입·출력 접점들과 센서등을 나타낸 것이다. 입력은 3개의 절단부와 홀딩부, 삭피부 그리고 선회 보조장치부 등 6개의 실린더의 상·하 리미트스위치 접점입력12개와 근접센서에 의한 무이송 정지센서, 무선회모터의 정위치와 삭피시작을 감지하는 센서등 3개 그리고 시작, 정지, 비상정지, 카운터 리셋등 푸시버튼을 이용한 입력 4개, 삭피무와 절단무의

유무를 확인하는 마이크로 스위치 2개 등 총 21개의 입력이 필요하고, 출력은 6개의 실린더 구동용 솔레노이드 밸브로의 출력과 4개의 모터를 구동하기 위한 릴레이 작동 출력 등 10개의 접점이 필요한 것으로 조사되었다. 따라서 입·출력 접점의 개수를 고려하여 SB-65R이 가장 적합하다고 판단되었다.

표 10. 예상 입·출력

항 목	센 서	입 력	출 력
무 이송모터			릴레이
무 이송 정지	근접스위치	이송위치 접점	
무청 절단 cylinder	리미트스위치	상 : 2 하 : 2	sol (하강) : 2
뿌리 절단 cylinder	리미트스위치	상 : 1 하 : 1	sol (하강) : 1
무청 홀딩 cylinder	리미트스위치	상 : 1 하 : 1	sol (하강) : 1
절삭부 상하 cylinder	리미트스위치	상 : 1 하 : 1	sol (하강) : 1
무선회 보조 장치	리미트스위치	상 : 1 하 : 1	sol(하강) : 1 릴레이
삭피칼날 회전모터			릴레이
무 선회 모터	근접스위치	점점(정위치접점 1 삭피시작접점 1)	릴레이
시작		푸시버턴	
정지		푸시버턴	
비상정지		푸시버턴	
카운터 리셋		푸시버턴	
자동, 반자동		토글	
무 유무센서	리미트 스위치	청절단 : 1 삭피 : 1	

다) 적용 PLC의 입·출력 배치

표 11은 선정된 일체형 PLC SB-65R의 CPU인 TPC 38의 입·출력단자에 연결한 무 가공기계의 센서와 작동장치에 입출력 배치에 대해 나타낸 것이다.

표 11. TPC 38의 핀 기능 및 무 가공기계에서의 입출력 배치

핀번호	명칭	입출력	내장된 기능	기계 입출력 배치
1	+5V	Power	전원입력 단자	
2	GND	Power	그라운드 단자	
3	DRX	Input	다운로드용 RX단자	
4	DTX	Output	다운로드용 TX단자	
5	RX	Input	범용통신용 RX단자	
6	TX	Output	범용통신용 TX단자	
7	485TE	Output	RX485 송신허가 신호	
8	VREF	Input	A/D용 기준전압입력	
9	P0:0	I/O	입출력포트(입력)	작업시작(푸시보턴)
10	P0:1	I/O	입출력포트(입력)	작업종료(푸시보턴)
11	P0:2	I/O	입출력포트(입력)	카운트리셋(pbs)
12	P0:3	I/O	입출력포트(입력)	비상정지(pbs)
13	P1:0	Output	출력전용포트(출력)	주이송 모터
14	P1:1	Output	출력전용포트(출력)	무선회 모터
15	P1:2	Output	출력전용포트(출력)	삭피칼날회전 모터
16	P1:3	Output	출력전용포트(출력)	선회보조장치 모터
17	P1:4	Output	출력전용포트(출력)	예비
18	P1:5	Output	출력전용포트(출력)	예비
19	P1:6	Output	출력전용포트(출력)	예비
20	P1:7	Output	출력전용포트(출력)	예비
21	P2:7	I/O	입출력포트(입력)	삭피부 하한
22	P2:6	I/O	입출력포트(입력)	삭피부 상한
23	P2:5	I/O	입출력포트(입력)	무칭절단1 하한
24	P2:4	I/O	입출력포트(입력)	무칭절단1 상한
25	P2:3	I/O	입출력포트(입력)	뿌리절단 하한
26	P2:2	I/O	입출력포트(입력)	뿌리절단 상한
27	P2:1	I/O	입출력포트(입력)	무칭홀더 전진
28	P2:0	I/O	입출력포트(입력)	무칭홀더 후진
29	P0:7	I/O	입출력포트(입력)	
30	P0:6	I/O	입출력포트 (고속카운트입력포트)	

핀번호	명칭	입출력	내정된기능	제어장치활용
31	P0:5	I/O	입출력포트(입력)	
32	P0:4	I/O	입출력포트(입력)	
33	P5:7	Output	출력전용포트(출력)	예비
34	P5:6	Output	출력전용포트(출력)	예비
35	P5:5	Output	출력전용포트(출력)	선회보조장치 전후진
36	P5:4	Output	출력전용포트(출력)	삭피부 상하작동
37	P5:3	Output	출력전용포트(출력)	무칭홀딩
38	P5:2	Output	출력전용포트(출력)	뿌리절단 상하작동
39	P5:1	Output	출력전용포트(출력)	청절단2 상하작동
40	P5:0	Output	출력전용포트(출력)	청절단1 상하작동
41	+5V	Power	전원입력단자	
42	GND	Power	그라운드 단자	
43	DA0	Output	DA출력 전용 포트0	
44	DA1	Output	DA출력 전용 포트1	
45	P7:0	Input	입력전용포트(입력)	주이송 스톱센서
46	P7:1	Input	입력전용포트(입력)	무 유무센서 (청·뿌리절단)
47	P7:2	Input	입력전용포트(입력)	무 유무센서(삭피부)
48	P7:3	Input	입력전용포트(입력)	무선회 시작위치센서
49	P7:4	Input	입력전용포트(입력)	무선회 위치 센서
50	P7:5	Input	입력전용포트(입력)	예비
51	P7:6	Input	입력전용포트(입력)	예비
52	P7:7	Input	입력전용포트(입력)	예비
53	P4:0	I/O	입출력포트(입력)	무칭절단 2상
54	P4:1	I/O	입출력포트(입력)	무칭절단 2하
55	P4:2	I/O	입출력포트(입력)	선회보조장치 상
56	P4:3	I/O	입출력포트(입력)	선회보조장치 하
57	P4:4	I/O	입출력포트	
58	P4:5	I/O	입출력포트	
59	P4:6	I/O	입출력포트(출력)	예비
60	P4:7	I/O	입출력포트(출력)	예비
61	P3:7	Input	입력전용포트(아날로그 CH7 입력)	

핀번호	명칭	입출력	내정된 기능	제어장치활용
62	P3:6	Input	입력 전용 포트(아날로그 CH6 입력)	
63	P3:5	Input	입력 전용 포트(아날로그 CH5 입력)	
64	P3:4	Input	입력 전용 포트(아날로그 CH4 입력)	
65	P3:3	Input	입력 전용 포트(아날로그 CH3 입력)	
66	P3:2	Input	입력 전용 포트(아날로그 CH2 입력)	
67	P3:1	Input	입력 전용 포트(아날로그 CH1 입력)	
68	P3:0	Input	입력 전용 포트(아날로그 CH0 입력)	
69	P6:7	Output	출력 전용 포트(출력)	예비
70	P6:6	Output	출력 전용 포트(출력)	예비
71	P6:5	Output	출력 전용 포트(출력)	예비
72	P6:4	Output	출력 전용 포트(출력)	예비
73	P6:3	Output	출력 전용 포트(출력)	예비
74	P6:2	Output	출력 전용 포트(출력)	예비
75	P6:1	Output	출력 전용 포트(출력)	예비
76	P6:0	Output	출력 전용 포트(출력)	예비
77	P8:3	Input	입력 전용 포트(입력)	예비
78	P8:2	Input	입력 전용 포트(입력)	예비
79	P8:1	Input	입력 전용 포트(입력)	예비
80	P8:0	Input	입력 전용 포트(입력)	예비

라) 제어신호의 입·출력 회로

그림 91은 근접센서의 신호의 입력 회로도이다. 근접센서는 무가 이송되어 가공위치에 정확하게 정지할 수 있도록 하기위한 무반이 감지, 무 선회장치가 무청을 잡고 회전시킬 때 삭피 시작점과 정지점 감지를 위하여 사용하였다. 근접센서 입력회로는 감지대상이 근접센서의 정면위치에 오면 근접센서의 출력이 ON되어 DC릴레이 접점을 ON 상태가 되도록 하며, 감지대상이 근접센서 정위치에 없으면 릴레이 단자를 개방하도록 구성하였다. 즉, 근접센서에 입력된 신호는 DC Relay

를 통하여 PLC의 입력단자로 입력하도록 하였다. 그림 92는 실린더의 가동여부를 확인하기 위한 리미트 스위치의 입력회로도를 나타낸 것이다. 공압 실린더를 구동하는 솔레노이드 밸브를 ON/OFF하면 공압 실린더가 상하(왕복)동작을 하게 되는데, ON시 실린더가 상부로 밀려나면 상부측 리미트스위치가 ON작동을 하게 되고, 솔레노이드 밸브를 OFF 하면 하부측 리미트스위치가 작동하게 된다. 이 리미트스위치 접점을 CPU에서 읽어 들여 각각의 작업 종료 또는 다음 작업을 실행하기 위한 신호로 이용하였다. 이 접점입력 방식은 무의 유무감지를 위한 마이크로 스위치 센서도 동일한 회로로 구성하였다.

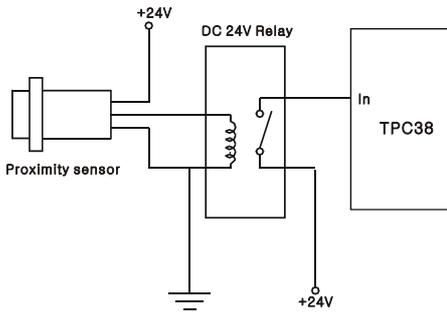


그림 91. 근접센서 입력 회로도

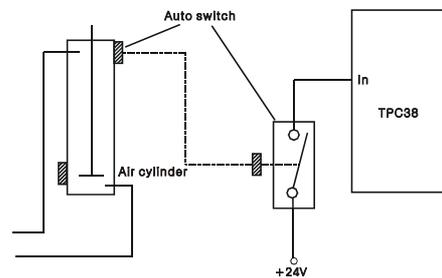


그림 92. 실린더 상하리미트
입력회로도

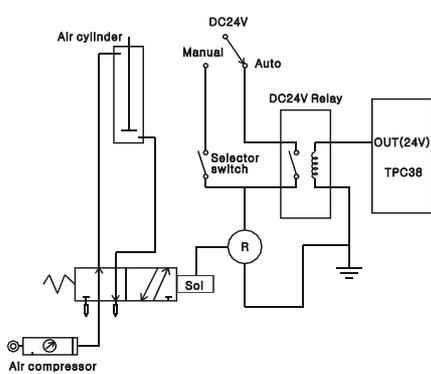


그림 93. 실린더 구동 회로도

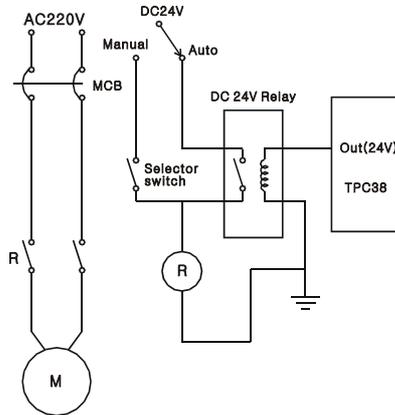


그림 94. 모터 구동 회로도

그림 93은 실린더 구동을 위한 회로도를 나타낸 것이다. 실린더는 자동과 수동 두 가지 방법으로 작동하도록 하였다. 자동의 경우 PLC에 의해 실린더의 작동 신호가 출력되면 솔레노이드 밸브 작동 DC Relay를 작동시켜 에어 실린더를 작동하도록 하였고, 수동의 경우는 셀렉터 스위치를 이용하여 솔레노이드 밸브가 작동하도록 하였다. 그림 94는 모터 구동회로에 대해 나타낸 것이다. 모터 구동회로는 실린더의 구동회로와 같이 PLC의 24V 출력에 의해 DC Relay가 작동하게 되고, 릴레이의 작동에 의해 모터가 작동되도록 하였다. 수동은 셀렉터 스위치를 이용하여 +24V의 전압을 입력 시켜 구동하도록 하였다. 그림 95는 이들 회로를 실제로 구성하여 컨트롤박스 내외부에 장치한 모습이며, 그림 96은 공압 실린더 조작을 위한 솔레노이드 밸브 및 공압조절장치이다.



그림 95. 컨트롤 박스.



그림 96. 공압 조절장치

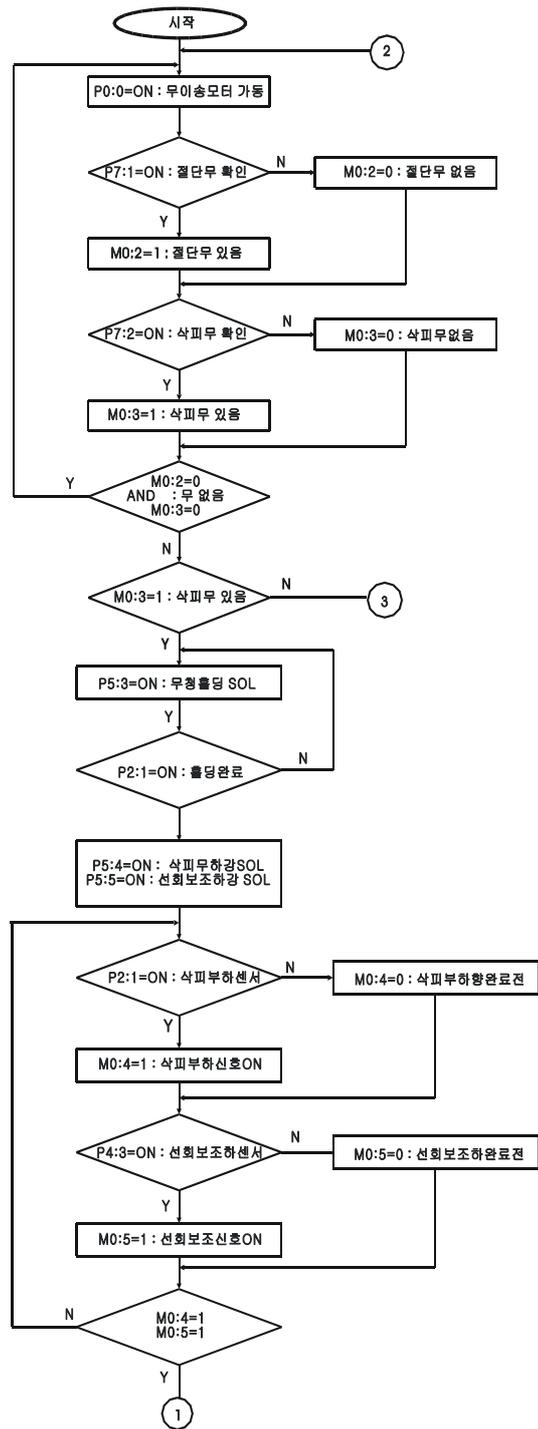


그림 97. 무 가공기계 자동제어 프로그램 흐름도(계속)

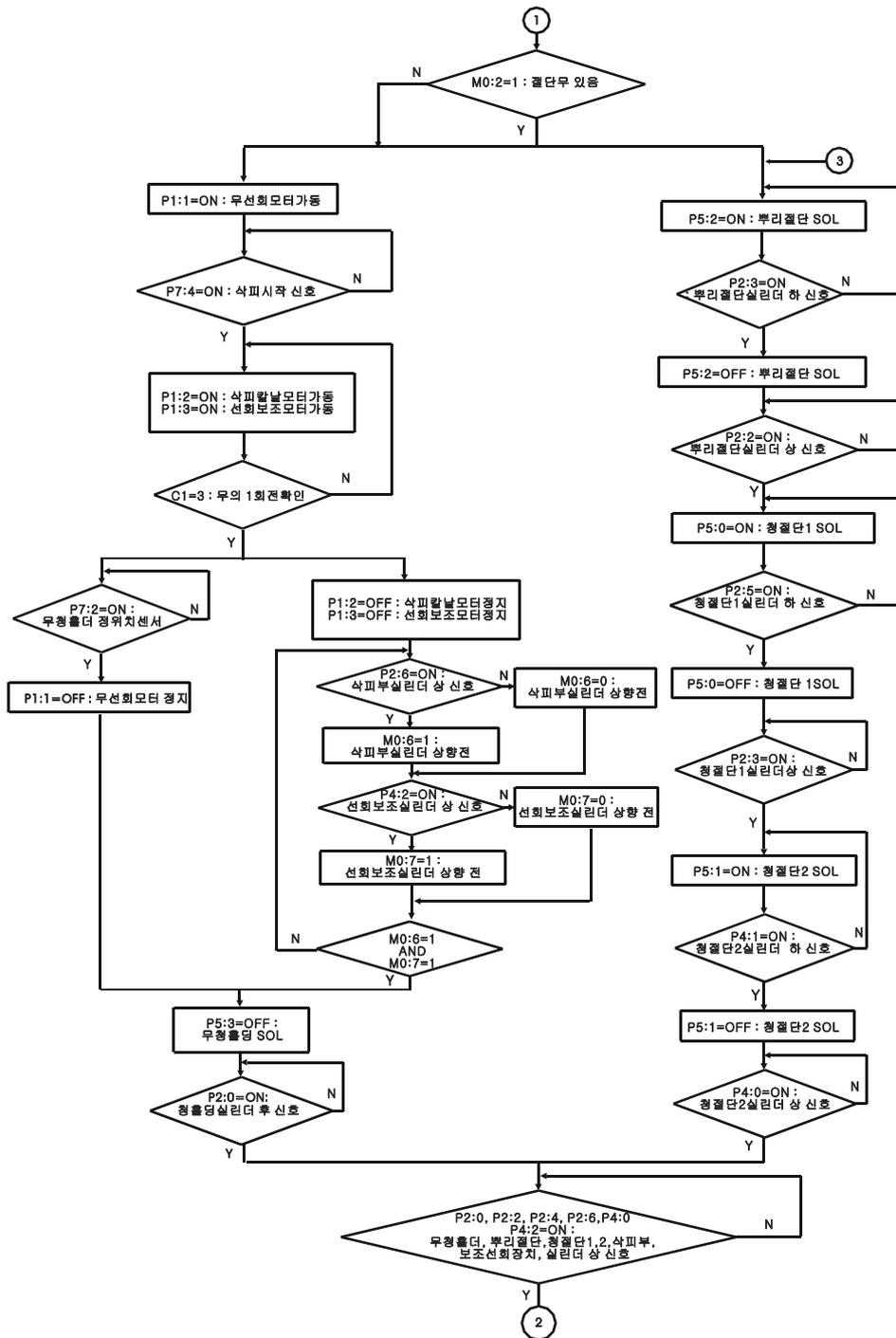


그림 97. 무 가공기계 자동제어 프로그램 흐름도

마) 제어 프로그램

제어프로그램의 작성과 TPC38으로의 다운로드를 컴파일에서 제공하는 TinyPLC 운용 소프트웨어인 MPGL2를 이용하였다. MPGL2는 PC상에서 레더를 입력하고, 컴파일, 다운로드 및 모니터링을 해주는 운용 소프트웨어이며 윈도우 95,98,2000 환경에서 실행되며 TPC38과는 RS232C로 인터페이스 하도록 되어있다.

그림 97은 알타리무 가공기계의 자동화 프로그램의 순서도를 나타낸 것이다. 프로그램은 작업자가 시작버튼을 누르면 개시된다. 시작버튼이 감지되면 무 이송모터를 가동하고, 2개의 마이크로스위치의 점점의 상태를 읽어서 절단무(칭과 뿌리절단작업 무)와 삭피무(삭피작업의 무)가 있는지를 확인한다. 절단무와 삭피무모두가 없을 경우에는 두 작업은 실행하지 않고 무 이송 모터를 계속 회전시킨다. 만약 삭피무가 존재할 경우, 무칭을 홀딩하기 위해 무칭 홀딩용 솔레노이드밸브를 작동시켜 무칭을 홀딩하게 한다. 무칭을 홀딩한 후 삭피칼날부와 무선회보조장치를 작업위치로 보내기 위한 실린더를 구동한다. 두개의 장치가 작업 위치에 도착하게 되면 무칭을 홀딩한 홀딩부와 연결된 무 선회 모터를 작동한다. 홀더가 무칭을 홀딩하여 회전하면 연약한 무칭의 비틀림 회전력 때문에 곧바로 무를 회전시키지 못하게 된다. 즉, 무 칭의 비틀림 회전력이 무반이와 삭피칼날 등으로 인한 마찰력보다 크게 되는 때인 홀더가 일정각도(90°)를 회전한 후부터 무의 뿌리부가 회전하게 된다. 이러한 각을 보완하기 위해 홀더 정위치 및 삭피시작 센서를 2개 부착하였다. 이들 센서는 접촉센서로서 홀더의 양쪽(180°대칭) 압의 돌기부를 감지하므로 삭피시작 센서 신호가 1번 입력되면 삭피칼날을 구동하는 모터와 선회보조장치를 구동하는 모터가 회전하여 무를 삭피한다. 홀더가 계속 회전하여 삭피시작 센서에 3번째 신호가 입력되면 무 뿌리부는 1회전을 돈 것이므로 이때 삭피칼날 구동 모터와 선회보조장치 구동모터의 작동전원을 차단하고, 삭피칼날부와 선회보조장치를 원래 위치로 복귀하게 한다. 홀더가 계속 회전하여 홀더정위치 센서에 신호가 입력되면 무를 회전 시키던 선회모터의 전원을 차단하여 홀더가 정확한 위치에서 정지하도록 한다. 선회모터의 정지 신호와 선회보조장치의 복귀 신호가 입력되면 무를 홀딩할 수 있도록 동작한 실린더가 원래 위치로 복귀하여 홀딩을 풀도록 한다. 이 모든 작업이 끝나면 모든 실린더들의 위치가 복귀된 초기위치인가를 확인 후 처음프로그램으로 루프한다.

절단무만 있을 경우에는 삭피작업은 진행하지 않고 절단작업만 수행한다. 절단무가 확인 되면 먼저 뿌리꼬리를 절단하게 되는데, 절단칼날은 실린더에 부착하여 실린더 구동용 솔레노이드 밸브를 작동하여 절단한다. 절단 여부확인용 실린더 하부의 리미트 스위치 신호의 입력여부에 의하며, 작업 완료는 실린더 상부의 리미트 스위치 신호입력에 의한다. 청절단 작업 또한 뿌리꼬리 절단 장치와 같은 방법으로 수행한다. 절단 순서는 뿌리꼬리 절단, 청의 외곽부 절단, 청의 내부측 절단하도록 하였다. 이 모든 작업이 끝나면 모든 실린더들의 위치를 확인후 처음 프로그램으로 루프한다. 절단무와 삭피무 모두가 존재할 경우는 삭피작업부터 수행하는데 삭피 칼날부와 선회보조부가 작동된 후 뿌리꼬리 절단, 청 절단 작업을 실행하도록 한다. 모든 절단작업 혹은 삭피작업이 완료되는 것을 확인하여 처음 프로그램으로 루프가 되도록 하였다.

5) 작업성능

무 가공기계 시작기는 제5절의 삭피기계 시작기의 문제점을 개선하고, 보다 상품화 가능한 수준으로 설계, 제작하였기 때문에 청 절단, 뿌리꼬리 절단 및 삭피작업이 거의 완벽하게 이루어 졌다. 무청절단, 뿌리꼬리절단 및 삭피의 일관 작업속도는 9초/개, 작업능률은 128 kg/h로, 인력의 5배의 효율을 가지는 것으로 나타났다. 그림 98 - 99는 무 가공기계의 작업광경과 가공된 알타리무의 모습을 나타낸 것이다.

그림 99에서 알타리무는 잘 가공되었으나 무청과 뿌리의 연결부위는 미삭피부가 약간 존재하며, 기계삭피로는 한계점인 것으로 생각된다. 그 외의 뿌리표면은 최대직경 70 mm이하의 경우 비삭피부분은 없는 것으로 나타났다.

기계의 작동상의 문제점으로는 무청이 약하거나 개수가 적은 알타리무는 무청의 비틀림 회전력이 삭피시 삭피저항과 뿌리접촉부의 마찰력을 이기지 못하여 무청이 절단되어 삭피작업이 불가능하였다. 이와 같은 경우는 여름철 노지재배 무, 초겨울 노지재배 무이며, 무청이 튼튼한 것도 수확 후 4일이 지나면 삭피작업이 불가능 하였다.

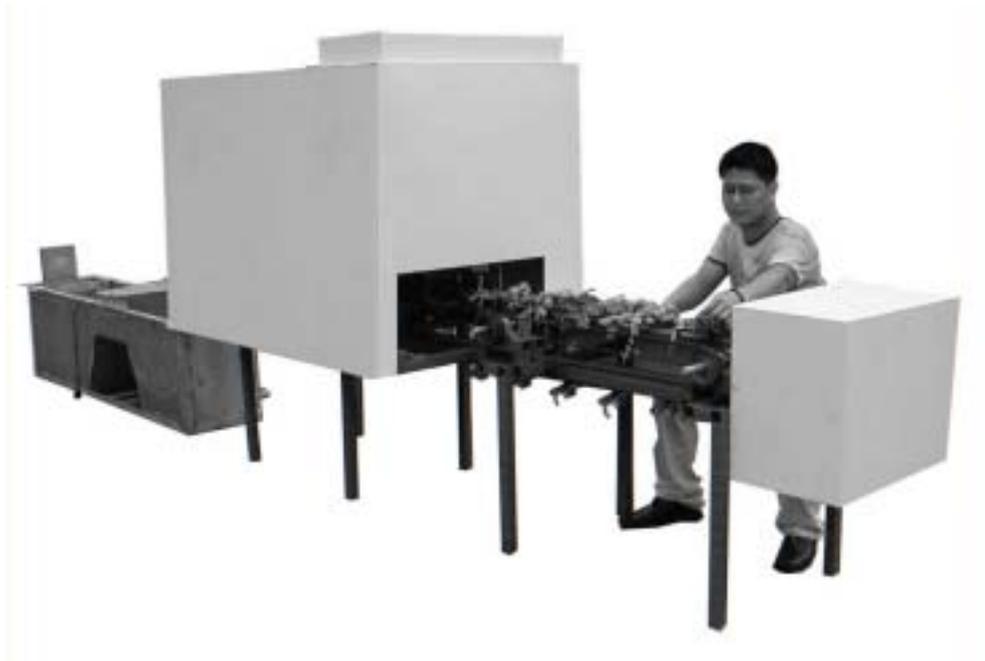


그림 98. 알타리무 가공작업



그림 99. 가공 전후의 알타리무

이의 개선을 위해 무 선회보조장치를 2조 대칭으로 설치하고, 삭피시 무 뿌리가 무받이와 접촉되지 않고 선회보조장치의 4조의 롤러위에서 강제 회전을 시키도록 함으로서 무청이 약한 무도 삭피가 가능하게 하는 연구를 계속하고 있다.

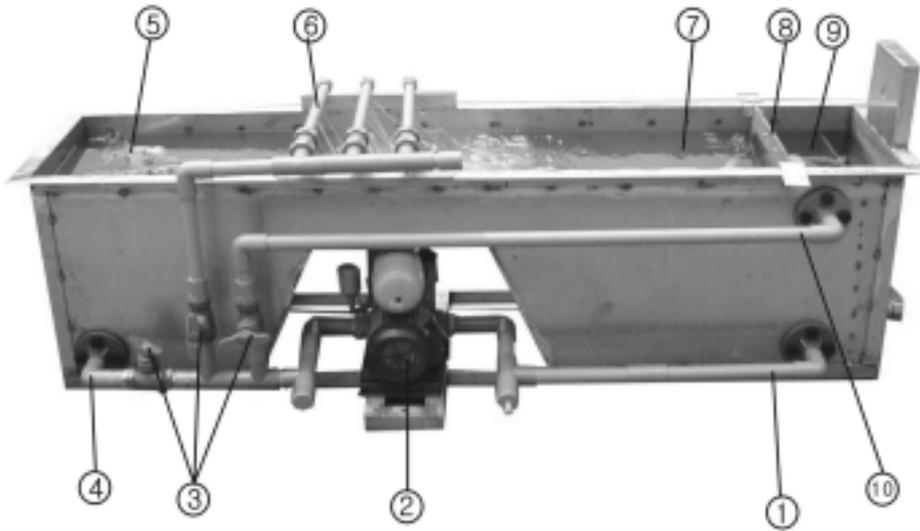
작업자의 안정성에 대한 문제점으로는 알타리무 가공라인에 무를 공급할 때 개발된 기계는 오픈상태의 무받이 위에 무를 지정위치에 올려놓아야 하는 데, 이 작업은 숙련을 요하며 작업자의 의복이나 손이 기계에 닿을 위험이 있다. 작업자가 쉽고 안전하게 무를 공급할 수 있는 투입보조대가 필요하였다.

다. 세척장치

1) 시작기 설계제작

세척라인은 가공라인에서 가공된 무를 세척과 이송작업을 하는 세척장치와 이송장치로 구성된다. 일반 구근류 채소의 세척은 구근을 물통에 담아 물충격과 마찰에 의한 세척방식, 구근을 굴리면서 이송하는 브러쉬 롤러 상에 구근을 올려두고 물분사를 하는 방식, 콘크리트 레미콘과 같이 세로원통에 나선식 브러쉬를 달고 원통내 구근을 투입하여 마찰과 물분사에 의해 세척과 이송을 하는 방식, 막대나 철망 컨베이어 위에 재료를 올려, 이송하면서 상부에 설치된 물분사장치에 의해 고압수로 세척하는 방법 등이 있다. 알타리무 김치는 뿌리와 무청의 일정부분이 붙어있는 상태에서 김치를 담기 때문에 세척시 무청이 손상되지 않는 방법을 강구하여야 한다.

이를 위해 최적으로 개발한 세척장치는 수류컨베이어 방식이다. 수류컨베이어는 무가 처음 투입되는 와류실, 무를 이송하는 수로, 수로 상단의 물분사장치, 저장조, 물펌프 및 수압, 수위조절 장치로 구성하였다. 각 장치를 고안 제작하고 시험하여 최적의 구조를 파악하였으나 정량화 수치화할 수 있는 측정인자가 없었고, 관찰에 의한 최적 구조를 추정하였다. 최종적으로 완성한 시작기는 그림 100과 같고, 시작기로 세척한 무의 모습은 그림 101과 같으며, 시작기의 규격은 표 12와 같다.



- ① 흡입관 ② 펌프 ③ 유량조절밸브 ④ 와류 분사관 ⑤ 와류실 ⑥ 상부분사관 ⑦ 저장실 ⑧ 철망 ⑨ 흡입실 ⑩ 바이패스 관

그림 100. 수류 이송식 세척장치 시작기

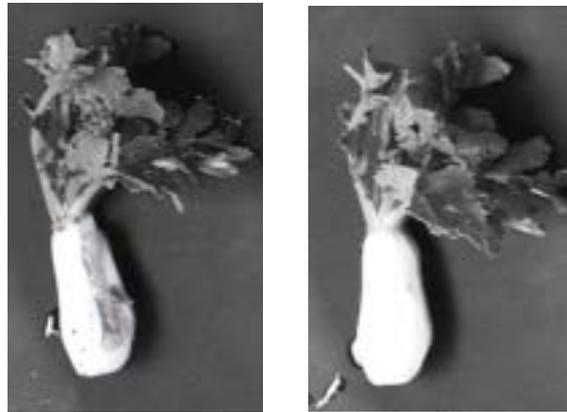


그림 101. 세척전후의 알타리무

표 12. 세척장치의 규격

전체가로*세로*높이	1920*574*550 (mm)
수조가로*세로*높이	1860*400*550 (mm)
펌프규격	단상, 600W, 4/5HP, 양정 : 40 ℓ/min, 압상높이 : 18 m
배관규격	φ25 PVC배관
망규격(가로*세로)	7*8 (mm)

몇 가지의 기초시험을 통하여 분사관의 크기와 구조를 결정하였다. 와류실 하부벽면에 연하여 φ25 mm PVC로 길이 500 mm의 분사관을 설치하고 상방향과 45°방향 2열로 φ2 mm의 분사공을 5개 내어 세척과 이물질을 제거토록 하였다. 또한 동일한 분사관을 세척조 상부에 3열로 설치하여 물분사에 의한 무의 굴림 이동 및 세척과 행균이 되도록 하였다.

2) 작업성능

세척장치의 작업성능 지표는 작업능률과 세척정도로 볼 수 있으나, 성능지표를 정량화, 수치화할 수 있는 시험이 어려웠다. 반복하여 시험을 수행하고 최적으로 생각되는 최종 시작기를 그림 100과 같이 설계제작하고, 시험한 결과 알타리무 세척이 잘 이루어 졌다. 상품화 하기위하여 현장적응시험이 필요하며, 시험결과와 몇 가지 개선할 문제점은 다음과 같다.

가) 와류실의 물분사와 더불어 압축공기에 의한 기포발생기를 병용하여 시험한 결과 세척성능이 월등히 개선되었다.

나) 시작기에 설치한 물펌프의 용량이 부족하여 현재보다 2배정도 큰 용량의 물펌프가 필요한 것으로 판단된다.

다) 세척 작업능률은 20개/분으로 용량이 커서, 무 가공기계와 연결하여 라인화할 경우 무가공기계의 작업능률 7개/분을 충분히 소화할 수 있었다.

라. 알타리무 가공라인

1) 구성

알타리무 가공라인은 무가공기계와 세척기의 결합으로 구성하였다. 그림 100은 현장에 설치한 가공라인으로 작업하는 광경을 촬영한 사진이다. 작업라인은 1인의 작업자가 알타리무 가공기계의 무반이에 무를 올려놓기만 하면 자동으로 무청, 뿌리 절단 및 삭피작업을 하고 삭피된 무가 가공기계의 끝단으로 이송되어 세척장치의 와류실에 떨어지면 세척이 이루어질 수 있도록 구성하였다. 가공라인은 이미 기초연구와 각 기계 및 장치 개발 시 가공라인을 구성하는 것을 목표로 하여 최적으로 설계하였기 때문에 가공라인 전체의 최적화를 위한 연구는 별도로 진행하지 않았다.

2) 작업성능

알타리무 가공라인의 작업속도와 작업능률은 알타리무 가공기계의 작업속도와 작업능률로 동일한 것이 당연하다. 결국 알타리무의 기계화 가공라인 작업중 가장 어렵고 작업속도가 늦은 것은 삭피작업이므로 이 삭피작업 능률이 전체 라인의 작업능률을 지배하게 된다. 따라서 1개의 가공기계가 2조의 삭피장치를 탑재하도록 구성한다면 작업속도가 크게 향상될 것으로 판단된다.

마. 결론

알타리무 전처리 가공작업의 기계화가 가능한 무청 절단, 뿌리꼬리 절단, 삭피 및 세척 작업이 연결된 자동화 라인을 상품화 가능한 수준으로 개발하였다. 삭피 기계는 전절에서 언급한 시작기의 성능을 개선하였고, 세척장치는 와류세척과 수류이송 방식을 적용하여 개발하였으며, 라인의 제어는 PLC 제어장치를 적용하였다. 본 가공라인은 작업자의 편의성, 제작의 용의성과 경비절감, 작업의 정밀성 및 상품성을 최대한 고려하여 설계제작하였다. 시제품으로 제작한 가공라인은 삭피장치를 1조만 탑재한 1조 삭피방식으로 성능시험결과 작업능률은 9초/개(128 kg/h), 삭피 성공률은 98%, 그 외의 모든 작업은 완벽하게 수행되었다.

제2절. 효율적 시스템 연구

본 절에서는 알타리무 생산과 가공현황을 조사하여 알타리무 기계가공의 규모와 필요성을 분석하였다. 또한 전국의 김치공장과 김치 판매장의 현장방문 및 설문 조사를 통해 알타리무의 가공공정과 작업방법을 조사하여, 기계화에 적합한 가공공정과 가공순서를 확립하고, 본 연구에서 개발한 기계와 가공라인을 대상으로 경제성분석을 실시하여 효과적 기계화 규모와 성능을 구명하였다. 각 분석의 결과와 기계개발의 한계성을 감안하여 상품화 방향과 모델을 제시하였다.

1. 알타리무 생산 및 가공현황

가. 서 언

본 절에서는 전국의 김치공장과 김치 판매장의 현장방문 및 설문 조사를 통해 알타리무의 가공공정과 작업방법을 조사하여, 기계화에 적합한 가공공정과 가공순서를 확립하고, 본 연구에서 개발한 기계와 가공라인을 대상으로 경제성분석을 실시하여 효과적 기계화 규모와 성능을 구명하였다. 각 분석의 결과와 기계개발의 한계성을 감안하여 상품화 방향과 모델을 제시하였다.

나. 알타리무의 종류

알타리무(학명: *Raphanus Sativus*)는 총각무, 달랑무로 불리고 있는 소형무로서, 표준어는 총각무이다. 알타리무는 뿌리부의 밑부분 직경이 머리부 직경보다 크고 H형으로 생긴 것이며, 예로부터 김치의 소재로 많이 이용되어 오고 있다.

알타리무가 우리 나라에 도입된 초기부터 3, 4년 전까지 많이 재배된 것은 표주박형 뿌리모양을 한 품종이 많았으나, 잔뿌리가 많고, 잔뿌리가 박혀있는 부분은 흠부를 형성하여 흠 등 이물질이 채워져 김치소재로 손질하는데 어려움이 많았고, 균일한 크기로의 재배가 어려우며 생산량이 떨어지고, 이 품종으로 담은 김치는 담았을 때 씹는 질감이 딱딱한 문제점이 있었다. 그림 102, 그림 103 및 그

림 104는 각각 뿌리모양이 직선형, 장고형 및 표주박형의 대표적인 품종을 사진으로 나타낸 것이다.



그림 102. 중앙의
초봄 알타리무



그림 103. 한농의
평강

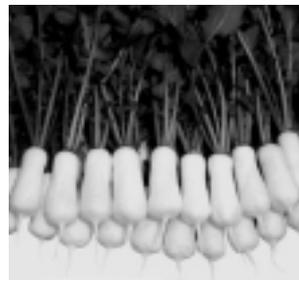


그림 104. 홍농의
신진

근래에는 각 종묘회사에서 뿌리의 모양이 통통하고 매끈하고, 생산성이 뛰어나며, 김치의 맛을 더욱 좋게 한 우수한 품질의 품종을 많이 개발하여 보급하고 있다. 현재 알타리무의 종류는 20여종으로 추측되며, 국내에서 주로 많이 보급되고 있는 품종으로 직선형의 < 초롱무(동부) >, < 초봄알타리무(중앙) >, 장고형의 < 평강알타리무(한농) >, < 신명알타리무(농우) >, < 참신알타리무(청원) >, < 한양알타리무(농진) >, < 남강알타리무(홍농)>, 표주박형의 < 신진알타리무(홍농)>, < 한성알타리무(서울)> 등이 있고 계절에 따라 알맞은 품종으로 구별하고 있다.

김치용으로 출하 시의 뿌리 길이는 직선형이 12 cm 전후, 장고형이 10 cm 전후, 표주박형 8 cm 전후이나 농가에서 재배기간을 맞추지 못하여 크기가 아주 작거나 큰 경우도 있다. 일반적으로 시설재배에서 재배지가 같고 출하시기가 같은 알타리무의 크기는 크기가 균일하고, 노지재배의 경우는 크기가 불균일한 경우가 많았다. 같은 품종이라도 노지재배의 무는 뿌리부가 거칠고 잔뿌리가 많은 특징이 있었다.

다. 알타리무 생산과 가공 현황

1) 알타리무의 재배 현황

알타리무 재배면적은 전국적으로 1,500~2,000ha를 차지하고 있으며, 지역적으로는 경기, 충남, 전북, 전남 순으로 높은 점유율을 보였는데 그중 고창, 서산, 영암, 화성, 평택에서 전국 점유율 50%를 상회하였다.

표 13. 알타리무의 재배 현황

	98		99		2000		2001		주산지 시군
	재배면 적(ha)	점유율 (%)	재배면 적(ha)	점유율 (%)	재배면 적(ha)	점유율 (%)	재배면 적(ha)	점유율 (%)	
전국	2,344	100.0	1,407	100.0	2,143	100.0	1,411	100.0	
서울	10	0.4	5	0.4	0	0.0	0	0.0	
부산	35	1.5	67	4.8	6	0.3	2	0.1	
대구	32	1.4	15	1.1	0	0.0	2	0.1	
인천	31	1.3	19	1.4	30	1.4	19	1.3	
광주	21	0.9	0	0.0	0	0.0	17	1.2	
대전	5	0.2	5	0.4	6	0.3	3	0.2	
울산	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	
경기	681	29.1	458	32.5	629	29.4	386	27.4	화성
강원	124	5.3	96	6.8	114	5.3	72	5.1	
충북	91	3.9	52	3.7	91	4.2	85	6.0	
충남	278	11.9	118	8.4	407	19.0	320	22.7	서산, 태안
전북	636	27.1	311	22.1	431	20.1	243	17.2	고창
전남	357	15.2	230	16.3	362	16.9	227	16.1	영암
경북	24	1.0	31	2.2	23	1.1	16	1.1	
경남	9	0.4	0	0.0	41	1.9	12	0.9	
제주	10	0.4	0	0.0	3	0.1	7	0.5	

표 15는 알타리무의 연간생산량을 조사한 것이다. 통계청 자료에서는 김치의 재료인 배추와 무의 생산량은 조사되어있으나, 알타리무의 생산량은 조사되지 않고 있다. 알타리무 생산량의 추정을 위해 전국 농산물 도매시장의 홈페이지를 통

하여 당해년도 반입되는 배추와 무 그리고 알타리무의 생산량을 조사하고, 무 생산량에 대한 알타리무 생산량의 비를 구하여, 통계청에서 조사된 무의 생산량과 비교하여 알타리무의 생산량을 추정하였다. 최근 3년간의 농산물 도매시장에서 거래되는 알타리무/무 생산량비는 평균 20% 이고, 평균 무생산량은 1,634,336 ton 이며, 추정한 알타리무 평균생산량은 328,414 ton으로 계산되었다.

표 14. 주산지별 알타리무 재배면적 비교

2000					2001				
순위	시군명	재배면적,ha	전국점유율,%	특화계수	순위	시군명	재배면적	전국점유율	특화계수
1	고창	365	17.0	12.2	1	고창	197	14.0	9.8
2	서산	220	10.3	7.2	2	영암	146	10.4	8.3
3	영암	184	8.6	7.0	3	서산	134	9.5	6.6
4	화성	165	7.7	6.0	4	태안	130	9.2	11.8
5	평택	149	7.0	5.9	5	화성	108	7.7	6.2
6	태안	85	4.0	5.0	6	평택	74	5.2	4.6
7	함평	70	3.3	3.8					
8	부안	65	3.0	3.0					
합계		1303	60.9						

표 15. 알타리무 생산량

통계	배추(ton)	무(ton)	알타리(ton)	무/알타리(%)
2000	3,149,255	1,759,357	413,756	23.5
2001	3,040,648	1,731,869	335,781	19.4
2002	2,316,755	1,411,783	235,705	16.7

2). 알타리무 가공공장의 현황

현재 전국적으로 100여개의 김치가공공장 중 큰 규모의 김치가공공장은 대략 10여 개가 있으며, 공장의 규모는 각기 다르나 알타리무가 차지하는 비중은 대략 비슷하였다.

가) 조사대상

조사 대상은 전국에 산재해 있는 김치가공공장으로 경기 2, 강원 1, 충북 1, 충남 1, 경북 1, 경남 1, 전북 1, 전남 3개소로 설문응답에 답한 공장은 5개소였다.

			전화번호	생산지	
경기		▶ 전국농협	경산김치	031-832-0983	경기 연천
경기		▶ 북파주농협	적성김치	031-969-0999	경기 파주
경기	남양김치	▶ 남양농협	남양농협김치	031-366-4406	경기 화성
강원		▶ 진부농협	오대산 김치	033-336-2000	강원 평창
충북		▶ 살미농협	남한강 김치	043-0951-1008	충북 충주
충남		▶ 선장농협	선장김치	041-544-9252	충남 아산
경북	풍산김치	▶ 풍산농협	풍산김치	054-658-8233	경북 안동
경남	농협김치	▶ 웅천농협	진해농협김치	055-545-0313	경남 진해
전북	마이산김치	▶ 부귀농협	마이산김치	063-433-5356	전북 진안
전남		▶ 순천농협	남도김치	061-741-8283	전남 순천
전남		▶ 진해남해원농협	초가김치	061-534-4196	전남 해남
전남		▶ 여수농협	풍산김치	061-644-2185	전남 여수

그림 105. 설문대상 김치 가공공장

나) 조사결과

(1) 한번 반입 시 가공되는 총 김치물량과 시간

- 남도김치(전남 순천농협) : 900kg / 하루
- 마이산김치(전북 진안 부귀농협) : 1,000kg / 일주일
- 남한강김치(충북 충주 살미농협) : 1,000kg / 일주일
- 진해식품(경남 진해 웅천농협) : 1,500kg / 3일
- 선장김치(충남 아산 선장농협) : 3,000kg / 2일

(2) 가공공장의 알타리무의 가공비율

현재 전국적으로 큰 규모의 김치가공공장은 대략 10여 개가 있으며, 공장의 규모는 각기 다르나 알타리무가 차지하는 비중은 대략 비슷하였다.

- 각 김치가공공장에서 전체김치가공 중 알타리무가 차지하는 가공비율은 남도김치 : 20%, 마이산 김치 : 3.1%, 남한강 김치 : 30%, 진해식품 : 5%, 선장김치 : 10% 이며, 반입물량을 고려한 알타리김치/전체김치의 비율은 8.43%로 계산되었다. 가정소비와 음식점소비의 알타리김치/전체김치의 비율은 각각 6.2%, 41.3%로 조사되었으나 신세대 소비경향을 참고하면 알타리김치/전체김치의 비율은 공장가공시의 8.43%로 결정하는 것이 타당하다.
- 표 1의 조사자료를 참고하면 알타리무의 생산량은 328,414 ton으로 무 생산량의 20%로 추정된다.
- 알타리무는 60여개 김치공장에서 50%를 가공한다고 추정되므로 김치공장의 연간 알타리무 가공량은 16만4천톤으로 알타리무 1개당 무게 315g을 기준하면 알타리무 5.3억개의 가공 숫자이다.

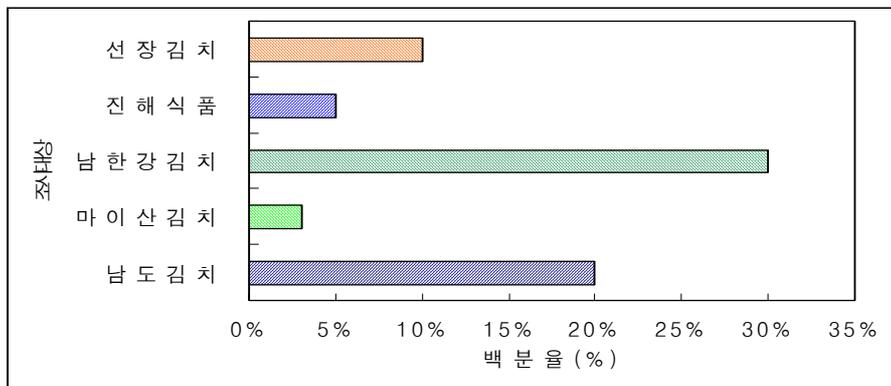


그림 106. 알타리무의 가공비율

(3) 일일 가공량

각 김치회사의 알타리무 1일 가공량은 남도김치 : 350kg, 마이산김치 : 300kg, 남한강김치 : 200kg, 진해식품 : 500kg, 선장김치 : 500kg, 평균 370kg으로 조사되었다.

또한 1인당 1일가공량은 남도 김치 : 100kg/인, 마이산 김치 : 60kg/인, 남한강 김치 : 40kg/인, 진해 김치 : 160kg/인, 선장 김치 : 50kg/인 으로 조사되었다.

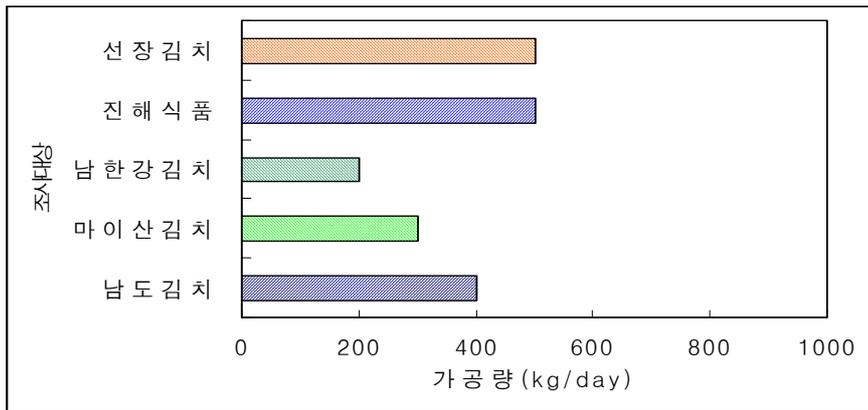


그림 107. 일일 가공량

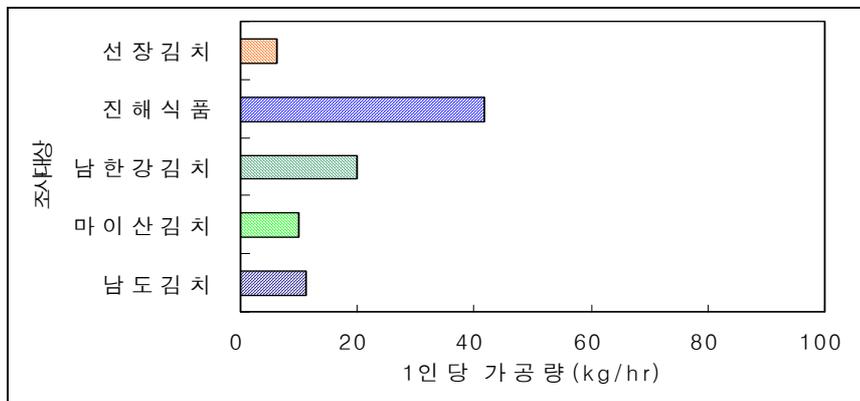


그림 108. 일인당 가공량

(4) 가공되는 시기

연중 가능하나 주로 5~8월 사이에 많이 가공되며, 가공기간은 최소 3개월 이상으로 나타났다.

(5) 일일 작업시 소요되는 인력

남도김치 : 3~4명, 마이산김치 : 5명, 남한강김치 : 5명, 진해식품 : 전체 80명 중 총각무 3명, 선장김치 : 10명

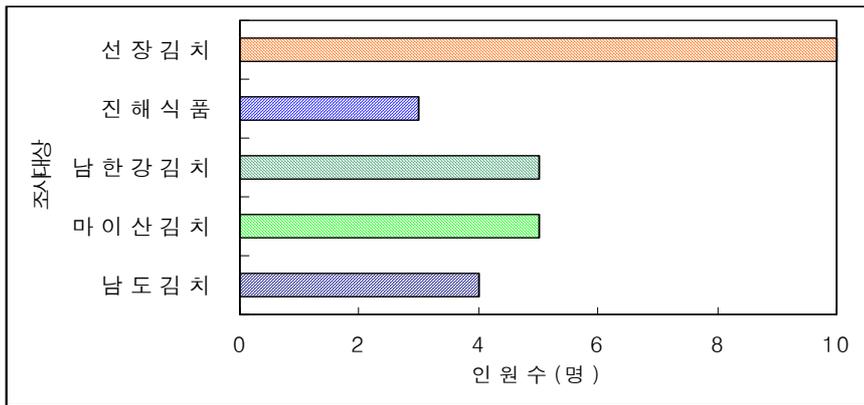


그림 109. 일일 작업시 소요되는 인력

(6) 일일 가공시간

일일 가공시간은 남도김치 : 8~9시간, 마이산김치 : 6시간, 남한강김치 : 2시간, 진해식품 : 4시간, 선장김치 : 8시간으로 평균 5시간으로 조사되었다.

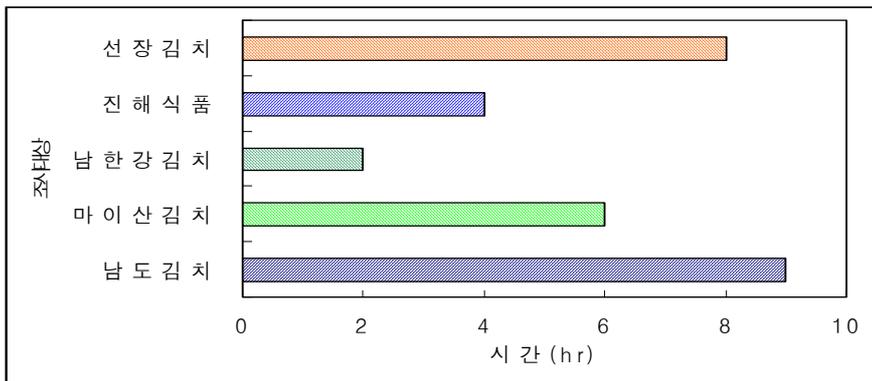


그림 110. 일일 가공시간

(7) 알타리무의 가공시 삭피여부

삭피 후 세척, 혹은 세척 후 삭피 과정을 거침, 온실재배 무는 세척만 하는 곳이 30%정도

(8) 알타리무의 무청 제거 여부

-무청의 2/3를 제거후 가공

-제거한 무청도 김치로 재가공

(9) 김치담그기 작업공정

각 공장의 김치담그기 작업공정은 약간씩의 차이는 있으나, 원료입고 → 선별/정선 → 염수 조제 → 절임 → 세척 → 탈수 → 양념조제 → 배합(원료+양념) → 포장 → 저장 및 숙성의 순으로 이루어지고 있었다. 각 작업공정의 작업내용을 정리하면 다음과 같다.

(가) 원료입고

원, 부 재료는 청구서상의 청구량을 창고에서 불출 받는다.

(단, 검증이 끝난 원료)

(나) 선별/정선

- ① 원료를 청 잎과 무 부분을 절단한다.
- ② 절단된 청 잎은 떡잎을 제거하여 6~8cm 정도 절단한다.
- ③ 정리된 무는 못쓰는 부분을 칼로 제거한 다음 크기에 따라 절단한다.
(단, 육안으로 작업자가 판단하여 먹기 알맞게 절단한다.)

(다) 염수 만들기

- ① 소금을 개봉하여 염수 통에 붓는다.
- ② 염수 통에 물을 받으며 소금을 녹인다.
- ③ 녹은 염수를 염도계로 측정한다.
- ④ 조제된 염수가 기준검사에 맞으면 작업자에게 사용을 지시한다.

(라) 절임 (탱크 규격 : 원료 800kg 기준)

- ① 정선된 원료를 절임 탱크에 나란히 정렬하여 붓는다.
- ② 절임 통에 원료가 일정하게 차면 염수를 채우고 원료 위에 누름 판을 올려 놓고 눌러 놓는다.

(마) 세척

- ① 원료 위에 누름 판 제거
- ② 원료에 손상이 가지 않도록 조심스럽게 손으로 건져 이송 컨베이어에 올려 놓는다.

③ 이송 컨베이어를 타고 와 세척기에 떨어지면 손을 가볍게 흔들어 4번 씻는다.(알타리무는 1~2회도 가능)

(바) 탈수

원료를 세척하여 P-BOX에 일정하게 담아 이송 컨베이어에 올려 탈수 장으로 옮김. (4단 적재)

(사) 양념조제

배추를 제외한 부 재료를 가공하여 절인 총각무와 혼합하기 전 양념제조과정

① 부 재료를 청구 량만큼 불출하여 양념 작업장으로 옮김

② 마늘, 생강, 새우젓 분쇄

㉠ 분쇄기 스위치를 켜고 분쇄할 재료를 투입구에 넣고 나무주걱으로 뒤적거리 고르게 분쇄한다.

㉡ 분쇄가 끝나면 물로 기계를 깨끗이 씻어준다.

③ 파, 부추가공

㉠ 재료의 못쓰는 부분을 제거한다.

㉡ 정선된 재료는 물로 깨끗이 씻어 3~4cm 규격으로 기계 절단한다.

④ 각 김치공장 사양의 배합비 대로 양념 제조 지시서에 의해 계량한다.

(8) 원료+양념배합

① 제조 지시서에 계량된 양념과 원료를 배합

② 배합 시간은 약 4분

(아) 계량 및 포장

① 예정된 생산량만큼 포장재 불출하여 유통기한 날인

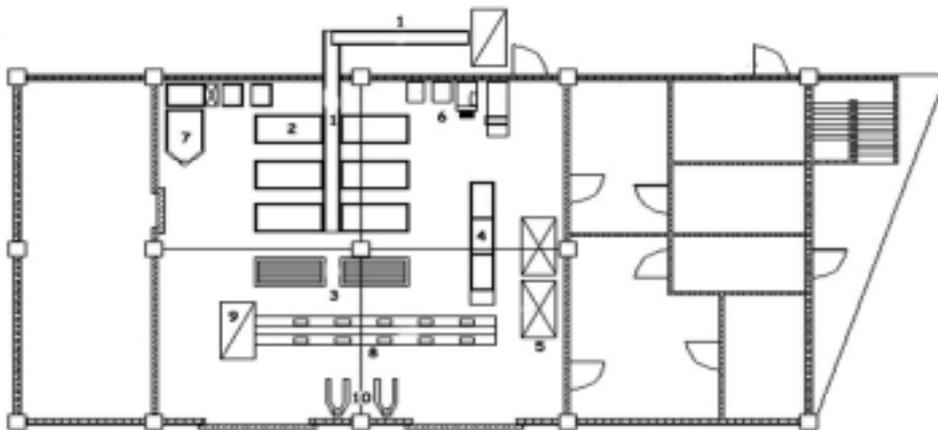
② 배합된 제품은 각 용량별로 계량하여 포장(포장단위 : 500g, 3kg, 5kg, 20kg)

(자) 저장

포장된 제품은 4℃ 저장고에 입고

그림 111은 상기의 김치담그기 작업공정을 갖춘 기존 김치공장의 인력작업라인을 도식화한 것으로 입고된 배추나 무를 이송컨베이어(1) 시작점의 적재대에 적재한 후, 평벨트 이송컨베이어(1) 상부에 배추(무)를 일정간격으로 올려놓는다. 이송컨베이어상의 배추(무)가 선별/정선 작업위치로 오면 겹잎처리-털뿌리-오물제거-자르기를 하여 가공배추(무)와 쓰레기를 분리하여 정렬탱크(2)에 담는다. 일정

량의 가공배추(무)가 정렬탱크에 담기면 염수를 부어넣어 일정시간 절인다. 정렬 탱크를 이동하여 세척기(3,4)에 절인 배추(무)를 넣어 행굼을 한다. 행굼을 한 배추(무)를 탈수대(5)에 올려쌓아 탈수하고 일정시간 후 작업대(8)로 옮겨 준비된 양념과 버무려 일정량으로 계량하고 포장한다. 위와 같이 현재의 김치공장은 재료를 옮기고 저장하는 용기류와 물류이동용 컨베이어가 시설의 전부이며, 작업을 기계화한 것은 거의 없다. 세척의 경우도 펌핑에 의해 수조내의 물을 와류시키는 정도이고, 사람이 배추나 무를 잡고 세척조에 넣어 3-4회씩 흔들며 행굼작업을 하고 있다.



1. 이송 콘베이어 2. 정렬 탱크 3. 세척기 4. 무 세척기 5. 자연탈수대
6. 양념 이동탱크 7. 양념 분쇄기 8. 작업대 9. 도마대(P.E) 10. 파레트

그림 111. 기존 김치 공장 라인(남한강 김치공장)

라. 결 론

알타리무 생산과 가공현황을 자료, 설문 및 방문을 통해 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 우리나라 알타리무 재배면적은 1,500~2,000ha, 연간 생산량은 약 330,000 M/T으로 무 생산량(약 1,600,000M/T)의 20%로 추정되었다. 김치가공공장에서 생산하는 전체 김치(무+배추)중 알타리김치가 차지하는 비율은 8.43%로 나타났다.
- 2) 김치가공장에서 알타리무 김치가공을 위해 투입되는 고용인원은 평균 3.5명이었고, 연속가공시간은 평균 5시간, 1일 200kg~500kg를 가공하고 있었다.
- 3) 김치가공장에서 인력에 의한 알타리무 가공 작업능률은 약 12.5kg/시간/인으로 조사되었고, 알타리무 1개당 무게 315g을 기준하면 작업속도는 1.5분/개/인으로 계산되었다.
- 4) 현재의 김치가공공장들은 알타리무 가공공정을 원료입고 → 선별/정선 → 염수조제 → 절임 → 세척 → 탈수 → 양념조제 → 배합(원료+양념) → 포장 → 저장 및 숙성의 순으로 라인화공정을 가지고 있으나, 라인상의 이송은 벨트컨베이어, 운반은 바퀴굴림 인력운반기가 이용되는 것 이외는 모든 작업이 인력에 의존하고 있었다.

2. 알타리무의 물리적 특성

가. 서 언

기계가공을 위한 농산물의 물성에 관한 연구를 살펴보면, Kim 등(1985)은 품종 및 재배방법이 알타리무의 생육과 품질에 미치는 환경에 관하여 기술하였고, Kim 등(1999)은 사과, 배, 토마토, 참외, 무 및 당근 등의 기계적 특성을 구명하였다.

농산물의 물성 규명은 가공공정의 기계화 및 자동화에 중요한 자료이나, 농산물의 종류에 따라 형상이나 조직 등이 다르기 때문에 이에 대한 자료는 매우 빈약하고, 특히 알타리무에 관한 물리적 특성이나 기계적 특성에 관한 연구는 찾아보기 힘들다.

따라서 본 연구에서는 시설재배 알타리무와 노지재배 알타리무의 기하학적 형상, 뿌리부의 부위별 압축강도, 압축변형량, 표면경도 및 무청과 뿌리부의 절단강도 등을 분석하여 알타리무 김치의 전처리 가공시스템 중 삭피장치의 개발의 기초자료에 활용코자 하였다.

나. 재료 및 방법

1) 시험재료

본 시험에서 사용된 알타리무(이하 무와 병용)는 2003년 5월에 경남 진주 농산물 도매시장에서 전일 수확된 것으로, 무의 품종은 평강과 사철을 이용하였다. 구입한 무는 시험실의 환경조건(15°C, 75% RH)에서 약 4시간 동안 시험실 환경에 적응시킨 후 시료를 채취하여 시험하였는데, 반입 당시 시료의 함수율은 79~87%(w.b.)이었다. 시험은 측정항목에 따라 10회씩 반복하였다.

2) 시험장치 및 방법

가) 알타리무의 외형

알타리무의 형상을 계량화하기 위하여 측정한 부위 및 길이는 그림 112에서

보는 바와 같다.

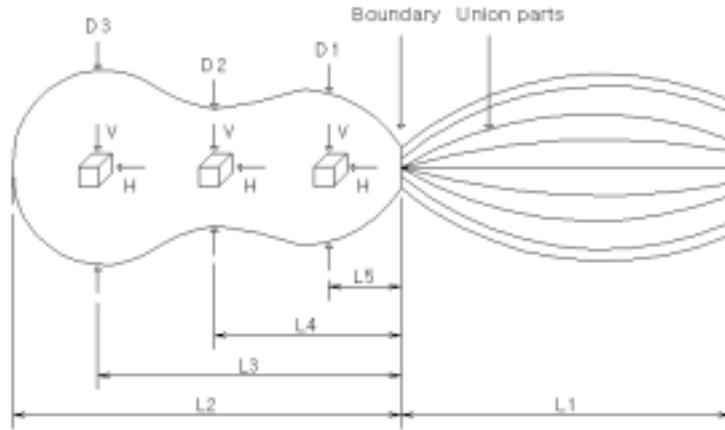


그림 112. 알타리무 형상 측정부위와 기호

그림 112에서, L1은 무청의 길이, L2는 알타리무 뿌리부 전체의 길이, L3는 뿌리 하부의 가장 굵은 부분까지의 길이, L4는 중간의 잘록한 부분(neck)까지의 길이, L5는 뿌리부 상부의 가장 굵은 부분까지의 길이이며, D1, D2 및 D3는 각각 L5, L4 및 L3에서의 직경을 나타낸 것이다. 또 무청과 뿌리의 경계면에서 무청의 방향으로 3 cm까지를 무청 접합부라 하고 이 부분을 절단하여 무청의 단면적을 측정하였다. 측정에 사용된 시료는 10회 반복하여 사용하였으며 평균 함수율은 84.5% (w.b.)였다.

나) 알타리무의 단면적과 들레

무의 영상처리시스템은 300 mm × 300 mm × 1,200 mm인 사각형 암실을 제작, 그 상단부에 카메라를 설치하고 암실의 중앙에 형광등 4개를 설치하여 사용하였다. 해상도 1,392 × 1,040, 픽셀 규격 4.65 μm × 4.65 μm인 CCD 카메라(Sony ICX205AL)를 이용하여 뿌리와 무청의 영상을 얻어 PC용 영상처리 프로그램인 Matrox 4.0ver를 통해 정보를 얻을 수 있는 구조로 구성하였다. 그림 113은 알타리무 규격측정용 시험장치를 나타낸 것이다.

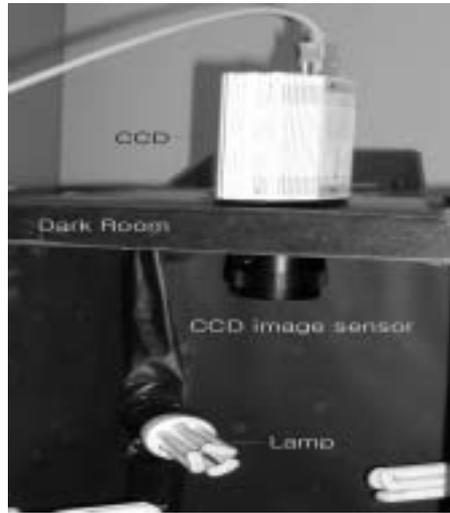


그림 113. 화상처리 장치.

임계값 처리(thresholding)는 기준 값으로 정한 1cm×1cm의 종이의 픽셀과 비슷한 임계값을 가지는 것으로 하여 무청의 경우 100으로 하였고, 뿌리의 경우는 140으로 정하였다. 그리고, 각 항목을 측정하기 위해 1cm×1cm의 종이의 픽셀을 측정 후 무청과 뿌리에서 측정된 픽셀을 실제 크기로 변환하였다.

다) 알타리무의 압축강도 및 전단강도

무의 압축강도와 전단강도의 측정은 물성분석기(TA-XT2i, Stable Micro Systems)를 사용하였다. 압축시험은 평판압축시험으로 수행되었으며, 하중 재하 속도는 ASAE S368.3에서 규정하고 있는 2.5~30 mm/min의 범위인 30 mm/min으로 하였다. 압축시험에는 일변이 10 mm인 정육면체시편을 채취하여 사용하였다.

시편은 알타리무의 뿌리부에서 직경이 가장 큰 부위와 중심부, 그리고 무청의 경계부에 인접한 곳에서 채취하여 사용하였다. 측정은 각 부위별로 수직방향(무의 좌우방향)과 수평방향(무의 상하방향)으로 구분하여 실시하였으며, 힘-변형곡선에서 측정된 기계적 특성치들은 파괴점, 압축변형량, 압축강도 등이다. 또한, 기계적 특성치를 비교하기 위해 일반무의 압축시험도 동일한 조건에서 실시하였다.

전단강도의 측정은 고정용 블록을 사용하여 알타리무를 고정시키고 알타리무의 뿌리부와 무칭의 연결부분에 대해 실시하였다. 이 때 연결부의 직경에 맞추어 칼날의 폭은 70 mm이었고, ASAE S459에 따라 너비는 3 mm, 칼날이 통과하는 슬릿의 폭은 3.3 mm, 칼날 각은 90°, 그리고 하중 재하속도는 규정 범위내인 5 mm/min으로 하였다. 측정된 물성은 전단력, 칼날의 이동거리 및 전단에너지 등이었다.

라) 알타리무의 표면경도

무의 부위별 표면경도 측정에는 물성분석기(TA-XT2i, Stable Micro Systems)의 관입시험장치(penetrometer)를 이용하였는데, 직경 2 mm의 탐침(probe)을 0.2 mm/s의 속도로 표면에서 5 mm까지 침투시켜 알타리무의 표면경도를 측정하였다. 이 경우 일반무 껍질의 표면경도도 함께 측정하여 알타리무의 경도와 비교하였다.

마) 무칭의 비틀림모멘트

무칭 분리를 위한 비틀림모멘트를 구하기 위해 그림 114 - 116에서 보는 바와 같이 시험장치를 제작하였다. 측정장치 위에 알타리무의 뿌리를 고정시키고 무칭을 클램프에 지지한 후 모터의 회전에 따라 무칭이 회전하게 되면 뿌리부를 고정하고 있는 베어링 판이 저항하는 힘을 가느다란 철사를 통해 로드셀(load cell)로 전달되도록 하였다. 로드셀에 가해진 힘은 동스트레인 증폭기를 통해 스트레인 값을 읽어들이고 자료수집-제어시스템을 통하여 값을 변환하여 컴퓨터에 저장되고, 컴퓨터 내에서 부하토크의 값을 측정한다.

표 16. 비틀림모멘트 측정장치 제원

Items	Specification
Motor	6W, 1800rpm, 1 : 180
Speed controller	1 ~ 10rpm
Test bed	220×220×330mm
Load cell	30kgf
Dynamic strain amplifier	DPM-700B, Kyowa, Japan
Data acquisition & control system	System 10 k7, daytronic, USA
Program	Quick-BASIC

무의 회전속도는 알타리무 삭피장치에서 무청을 회전시킬 때 손상이 생기지 않는 범위인 6, 7, 8 rpm으로 3단계로 나누어 측정하였고, 저장기간에 따른 무청의 분리에 필요한 최대비틀림 모멘트를 구하기 위해 수확한지 3, 4, 5일이 경과한 것에 관하여 비교하였는데, 이는 산지에서 생산되어 김치공장에서 가공하기 위해 입고되는 시기에 기초한 것이다. 본 시험에 사용된 주요 장비와 그 제원은 표 16과 같다

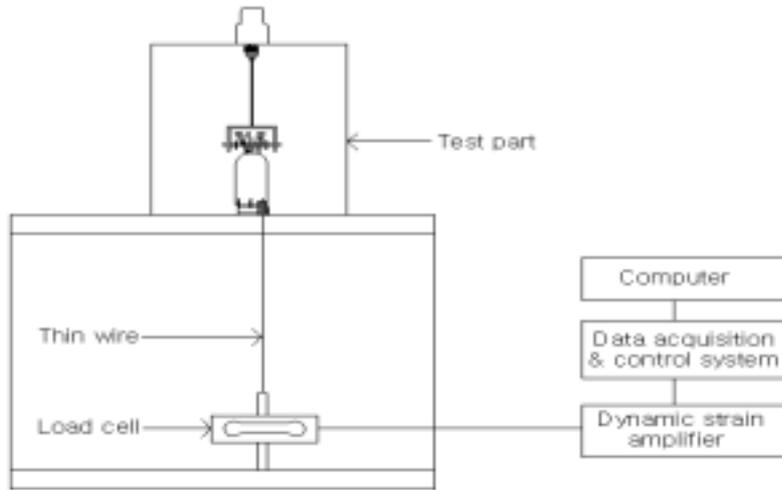


그림 114. 비틀림 모멘트 시험 및 측정장치.



그림 115. 시험장치와 주변기기



그림 116. 비틀림 토크 측정



그림 117. 비틀림 강도 시험 후
분리된 알타리무

다. 결과 및 고찰

1) 알타리무의 외형

품종에 따른 알타리무의 부위별 측정치를 항목별로 정리한 것은 표 17 및 표 18과 같다. 평강 무의 경우 무청을 포함한 알타리무의 무게는 215.0~465.0 g, 평균무게는 320.3 g이었으며, 뿌리부의 길이는 86.3~129.2 mm, 평균길이 102.4 mm, 뿌리 상부의 직경은 43.7~56.4 mm, 평균 49.8 mm, 중간부의 직경은 44.5~58.1 mm, 평균 49.8 mm, 하부의 직경은 43.3~56.0 mm, 평균 50.3 mm이었으며, 무청의 수는 평균 9.9 개로 나타났다. 사철 무의 경우 무청을 포함한 알타리무의 무게는 203.5~412.2 g, 평균무게는 306.3 g이었으며, 뿌리부의 길이는 67.5~127.0 mm, 평균길이 94.3 mm, 뿌리 상부의 직경은 25.2~38.5 mm, 평균 33.2 mm, 중간부의 직경은 22.3~33.1 mm, 평균 29.9 mm, 하부의 직경은 43.6~59.8 mm, 평균 48.2 mm이었으며, 무청의 수는 8.7개로 나타났다. 뿌리부만의 무게는 전체무게의 65%로 평균 210g 으로 나타났다.

알타리무의 품종에 따라 무의 외형은 차이가 있었는데, 사철 무는 상부가 작고 하부가 큰 표주박 모양으로 평강 무의 타원형인 것에 비해 길이, 직경 및 무게가 작았으며, 부위별 직경의 차이도 크게 나타났다.

표 17. 알타리무(평강)의 크기

Part Item	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	L4 (mm)	L5 (mm)	D1 (mm)	D2 (mm)	D3 (mm)	Weight (g)
Max.	368.2	129.2	104.1	70.5	55.6	56.4	58.1	56.0	465.0
Min.	261.3	86.3	63.4	45.0	39.8	43.7	44.5	43.3	215.0
Average	325.4	102.4	79.9	54.5	48.9	49.8	51.9	50.3	320.3
S. D.	10.2	13.7	12.6	9.3	5.1	4.1	4.0	5.2	73.0

표 18. 알타리무(사철)의 크기

Part Item	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	L4 (mm)	L5 (mm)	D1 (mm)	D2 (mm)	D3 (mm)	Weight (g)
Max.	312.6	127.0	118.0	56.7	30.0	38.5	33.1	59.8	412.2
Min.	245.6	67.5	54.8	26.5	13.2	25.2	22.3	43.6	203.5
Average	283.1	94.3	82.8	39.4	20.7	33.2	29.9	48.2	306.3
S. D.	14.6	14.6	15.2	8.2	4.2	3.2	2.7	3.5	56.4

2) 무청의 단면적과 둘레

알타리무의 삭피기는 무청을 잡고 회전시키므로 무청의 단면적과 둘레의 측정이 필요하다. 무청의 평균 단면적은 4.08 cm²이었으며, 3.5~4.5 cm² 사이에 시료의 78%가 분포하였다. Fig. 1의 접합부에서 무청의 평균 둘레는 11.2 cm이었고, 8~16 cm 범위에 시료의 95%가 분포하였으며, 8~10 cm의 빈도가 40%로 가장 높았다.

3) 뿌리부의 압축강도

표 19와 표 20은 평강무의 뿌리의 부위별 압축강도와 압축변형량을 시편에 대한 재하방향 별로 나타낸 것이며, 수직방향 압축강도는 83.8~171.7N/cm², 수평방향 압축강도는 113.0~191.7 N/cm²에 분포하였다. 표 21은 평강 무의 재하의 방향과 위치에 따른 관계를 알아보기 위한 분산분석의 결과로 방향의 차이에 따라 압축강도의 차이가 있었으나, 위치에 따른 압축강도의 차이는 없는 것으로 나타났다. 이는 무의 재하 방향에 따라 압축강도에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

표 19. 알타리무(평강)의 수직방향 압축강도 및 압축변형량

Item	Max. Compressive strength (N/cm ²)			Rupture deformation(mm)		
	D1	D2	D3	D1	D2	D3
Max.	171.7	156.2	133.4	5.2	4.5	4.7
Min.	103.7	83.8	84.5	4.0	3.2	3.6
Ave.	133.6	113.0	109.3	4.6	4.0	4.1
S. D.	23.4	24.4	15.8	0.3	0.3	0.3

표 20. 알타리무(평강)의 수평방향 압축강도 및 압축변형량

Item	Max. Compressive strength (N/cm ²)			Rupture deformation(mm)		
	D1	D2	D3	D1	D2	D3
Max.	176.3	191.7	176.1	4.6	4.7	4.6
Min.	113.0	116.1	127.3	3.7	3.6	3.9
Ave.	143.8	148.3	155.3	4.2	4.2	4.3
S. D.	21.4	22.3	18.9	0.2	0.3	0.2

표 21. 방향과 위치에 대한 압축강도의 분산분석 결과(평강무)

Source	DF	SS	F value	Pr
Direction	19	26274.5	3.37	0.0006
Position	2	725.2	0.88	0.4210
Error	38	15570.3		
Corrected total	59	42570.5		

표 22와 표 23은 사철 무의 뿌리부에 대한 부위별 압축시험 결과를 나타낸 것이며, 수직방향 압축강도는 91.3~168.3 N/cm², 수평방향 압축강도는 132.6~186.9 N/cm²에 분포하였다.

표 24는 사철 무의 재하의 방향과 위치에 따른 관계를 알아보기 위한 분산분석의 결과로 평강 무와 동일한 결과를 나타내었다.

이상의 결과에서, 사철 무의 압축강도의 평균값은 평강 무의 압축강도에 비해 수직 방향의 경우 12.9 N/cm², 수평 방향의 경우 5.3 N/cm² 정도 크게 나타났으며,

평강 무와 사철 무 모두 재하 방향이 수평일 때가 수직인 경우 보다 압축강도가 크게 나타남을 알 수 있다.

표 22. 알타리무(사철)의 수직방향 압축강도 및 압축변형량

Item	Max. Compressive strength (N/cm ²)			Rupture deformation(mm)		
	D1	D2	D3	D1	D2	D3
Part						
Max.	168.3	155.8	146.5	5.0	4.7	4.8
Min.	105.4	95.4	91.3	4.1	3.8	3.7
Ave.	146.3	129.6	118.6	4.5	4.1	4.2
S. D.	20.2	23.2	14.8	0.3	0.3	0.3

표 23. 알타리무(사철)의 수평방향 압축강도 및 압축변형량

Item	Max. Compressive strength (N/cm ²)			Rupture deformation(mm)		
	D1	D2	D3	D1	D2	D3
Part						
Max.	180.3	181.2	186.9	4.9	4.6	4.6
Min.	135.4	132.6	134.1	4.0	3.8	3.9
Ave.	150.6	152.1	160.5	4.3	4.2	4.2
S. D.	21.4	22.3	18.9	0.2	0.3	0.2

표 24. 방향과 위치에 대한 압축강도의 분산분석 결과(사철무)

Source	DF	SS	F value	Pr
Direction	19	17036.8	5.04	1.12E-05
Position	2	926.1	2.60	0.0869
Error	38	6752.1		
Corrected total	59	24715.1		

일반무의 경우 수직방향 압축강도는 131.3 N/cm², 수평방향 압축강도는 164.4 N/cm²이었고, 하중이 수평으로 가해졌을 때가 수직인 경우보다 압축강도가 33.1 N/cm²정도 큰 경향을 보였다. 일반무는 평강 무에 비해 수직방향 압축강도는 비슷하였고, 수평방향 압축강도는 9.1 N/cm² 만큼 크게 나타났다. 사철 무의 압축강도

보다는 수직, 수평방향 모두 각각 15.0, 3.9 N/cm² 정도 낮게 나타났다.

그리고, 평균 압축변형량의 범위는 가해지는 하중의 방향과 관계없이 4.0~4.6 mm로 나타났는데, 이처럼 압축 변형량이 작은 이유는 초기에 파괴점에 도달한 했을 때 가장 높은 압축강도를 보이고 파괴가 계속 일어나더라도 초기에 나타난 최대 압축강도를 넘지 않아 압축변형량은 초기에 이루어진 값만 취하게 된 것으로 생각된다.

4) 접합부의 전단강도

표 25는 평강 무 경계면의 전단강도를 나타내는 것이다. 여기에서 전단칼날이 뿌리부와 무청의 경계면이 완전히 전단될 때의 힘을 측정하는 것으로, 전단력은 86.0~114.6 N으로 평균 전단력 100.6 N이었고, 칼날의 이동거리는 11.6~27.0 mm, 평균 이동거리는 17.2 mm, 전단에너지는 99.7~309.4 N·cm, 평균치는 173.0 N·cm로 나타났다.

표 26은 사철 무 접합부의 전단강도를 나타내는 것으로 전단력은 89.4~116.5 N으로 평균 전단강도는 103.1 N이었고, 칼날의 이동거리는 13.2~26.5 mm, 평균 이동거리는 18.4 mm, 전단에너지는 118.0~308.7 N·cm, 평균값은 189.7 N·cm로 나타났다.

사철 무의 접합부의 전단력은 평강 무의 전단력에 비해 2.5 N정도로 그 차이는 작았다. 표 25와 26에서 무청과 뿌리부의 경계면 전단 시 칼날의 이동거리가 무청의 직경에 비해 짧은 것은 경계면의 뿌리부와 연결된 무청이 초기의 파괴점 (rupture point)에서 가장 높은 전단력으로 작용한 후에 그 보다 작은 전단력이 무청의 개수에 따라 이어지고 있기 때문으로 판단된다.

표 25. 알타리무의 전단저항(평강)

Item	Shearing force (N)	Knife travel at max. shearing(mm)	Shearing energy (N·cm)
Max.	114.6	27.0	309.4
Min.	86.0	11.6	99.7
Ave.	100.6	17.2	173.0
S. D.	9.8	3.6	34.2

표 26. 알타리무의 전단저항(사철)

Item	Shearing force (N)	Knife travel at max. shearing(mm)	Shearing energy (N·cm)
Max.	116.5	26.5	308.7
Min.	89.4	13.2	118.0
Ave.	103.1	18.4	189.7
S. D.	9.2	3.8	31.2

5) 알타리무의 표면경도

그림 118과 그림 119는 평강 무와 사철 무 부위별 꺾질의 표면경도를 나타낸 것이다

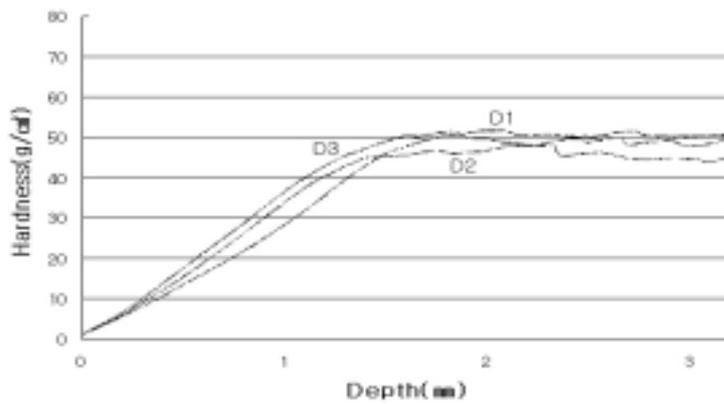


그림 118. 알타리무 부위별 표피의 경도(평강).

평강 무의 경우 표면에서 1~2 mm의 깊이까지 경도가 상승하다가 일정한 값을 유지하여 표면의 경도와 내부의 경도가 유사한 것으로 나타났으며, 사철 무의 경우 1~2 mm까지 표면경도가 상승하다가 떨어지는 현상을 보여 꺾질의 경도에 비해 내부의 경도가 작음을 알 수 있었다. 평강 무의 평균 표면경도는 상부(D1)에서 52.1 N/cm², 중간부(D2)에서 51.1 N/cm², 또 하부(D3)에서는 52.0 N/cm²로 나타났으며, 부위별 차이는 미소하였다. 경도가 최대인 곳의 깊이는 1.9~2.5 mm에 분

포하였다.

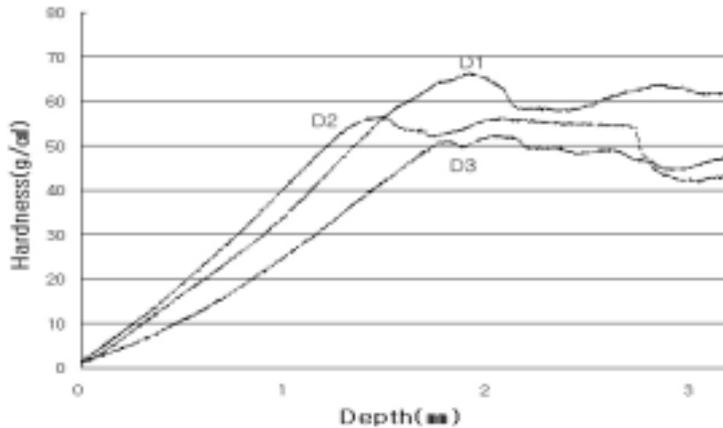


그림 119. 알타리무 부위별 표피의 경도(사철)

사철 무 껍질의 평균 경도는 상부(D1)에서 67.8 N/cm², 중간부(D2)에서 57.2 N/cm², 하부(D3)에서는 52.4 N/cm²로 나타나, 상부(D1)에서 가장 높은 경도를 보였으며, 중간부(D2), 하부(D3)의 순이었다. 경도가 최대인 곳의 깊이는 1.5~2.2 mm에 분포하였다. 일반무의 평균 경도는 44.6 N/cm²로서, 알타리무에 비해 껍질의 경도가 7.7~23.2 N/cm² 정도 작은 것으로 나타났다.

6) 무청의 비틀림모멘트

그림 120은 회전속도 6 rpm, 7 rpm 및 8rpm에서 측정한 무청의 최대비틀림모멘트를 무청의 단면적으로 나눈 값을 나타낸 것이다. 회전수가 증가함에 따라 비틀림모멘트도 증가하였는데, 회전속도 7 rpm과 8 rpm에서의 최대비틀림모멘트는 17.5~18.0 N·cm/cm²으로 큰 차이를 보이지 않았는데 이는 초기에 가해진 힘이 일정한 수준을 넘기면 무청의 저항력이 없어지기 때문인 것으로 생각된다.

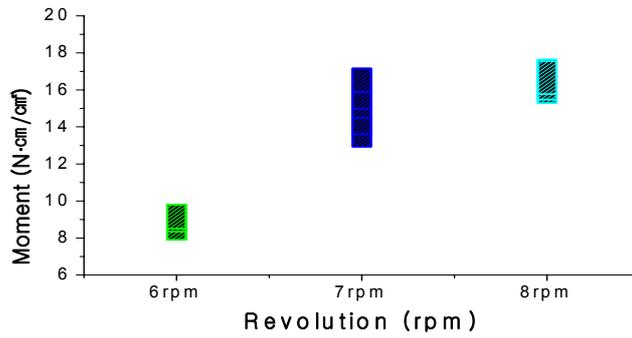


그림 120. 무청의 비틀림 강도.

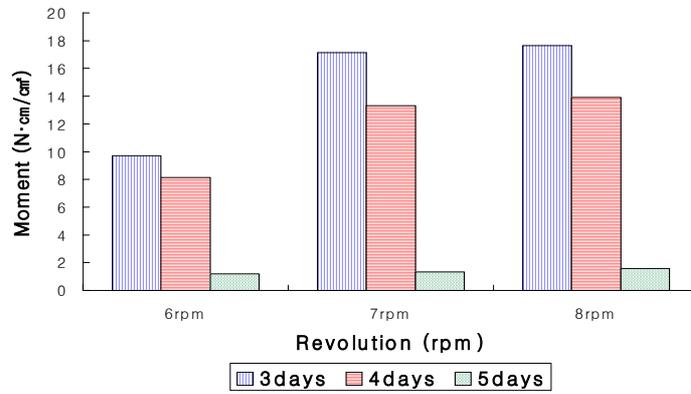


그림 121 저장기간에 따른 무청의 비틀림 강도.

7) 저장기간에 따른 무청의 비틀림모멘트

그림 121은 저장기간의 변화에 따른 무청의 최대비틀림모멘트를 비교한 것이다. 구입한 무의 저장 조건은 15°C, 75% RH으로 하였으며, 김치가공공장에서는 수확 후 2일째 되는 날부터 알타리무를 가공하므로 최대비틀림모멘트의 값을 Fig. 7에서는 제외하였다. 각 회전수별로 일정하게 수확한지 4일이 지난 5일째부터 비틀림 모멘트가 6.9~12.4 N·cm/cm² 정도로 급격하게 줄어드는 경향을 보이고

있다. 이는 시간이 지날수록 무청의 수분이 줄어들고 조직이 상하기 때문에 비틀림모멘트가 감소하는 것으로 판단된다.

라. 요약 및 결론

김치용 알타리무의 전처리과정 중 삭피공정의 기계화를 위해 평강 무와 사철 무의 기하학적 형상, 뿌리부의 부위별 압축강도, 압축변형량, 표면경도 및 무청과 뿌리부의 전단강도 등을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 평강 무는 평균 무청길이 325.4 mm, 무(몸통)의 길이 102.4 mm, 상부의 직경 49.8 mm, 중간부의 직경 51.9 mm, 하부의 직경 50.3 mm이었으며, 사철 무는 평균 무청길이 283.1 mm, 몸통길이 94.3 mm, 상부의 직경 33.2 mm, 중간부의 직경 29.9 mm, 하부의 직경 48.2 mm이었다.
- 2) 무청의 평균 단면적은 4.08 cm²이었고, 3.5~4.5 cm² 사이에 78%가 분포하였으며, 무청의 평균 둘레는 11.23 cm이었다
- 3) 알타리무의 평균무게는 320g, 뿌리부의 무게는 전체무게의 66%였다.
- 4) 평강 무의 수직방향 압축강도는 83.8~171.7N/cm², 수평방향 압축강도는 113.0~191.7 N/cm²에 분포하였으며, 사철 무의 수직방향 압축강도는 91.3~168.3 N/cm², 수평방향 압축강도는 132.6~186.9 N/cm²에 분포하였다. 압축강도는 무의 위치보다는 재하 방향에 따라 차이가 있는 것으로 나타났다.
- 5) 평강 무청 접합부의 전단력은 100.6 N이었고, 사철 무의 경우 103.4 N으로 나타났다.
- 6) 평강 무 표면의 경도는 전체적으로 깊이 1~2 mm에서 최대값 52.1 N/cm²을 나타내었고, 사철 무의 경우 상부의 같은 깊이에서 경도 67.8 N/cm²로 가장 높은 수치를 보였다.
- 7) 무청의 분리에 필요한 비틀림모멘트는 회전속도 8 rpm에서 15.2 N·cm/cm²이었고, 수확 후 5일이 지난 후에는 급격히 감소하였다.

3. 가공라인 최적화 연구

가. 서 언

본 절에서는 전국의 김치공장과 김치 판매장의 현장방문 및 설문 조사를 통해 알타리무의 가공공정과 작업방법을 조사하여, 기계화에 적합한 가공공정과 가공 순서를 확립하였다. 또한 가공공정별 적합한 기계와 장치를 선정하고 가공라인의 모델을 제시하였다.

나. 자료조사 결과

1) 알타리무의 가공공정

- 조사된 알타리무 가공공정은 김치가게 24개소, 백화점 16개소, 김치가공공장 5개소의 90%가 다음의 공정으로 김치를 가공하고 있었다.

1차선별 --> 불가식부 제거(잎, 줄기) --> 세척1 --> 삭피 -->

무청절단(2/3부분) --> 세척2 --> 절입 --> 세척3 --> 담그기

- 2월말에서 3월에 출하하는 시설재배 알타리무는 세척1과 삭피는 생략하고 세척2에서 이물질과 흙떨기를 하고 무피를 깎지 않는 경우가 25%정도 있었다. 특히, 장기저장김치용 알타리무는 김치가 쉽게 무르는 것을 방지하기 위하여 외피를 깎지 않고 김치를 담그고 있었는데 외피가 잔털뿌리가 없고 매끈한 평강 등 알타리무 품종일 때였다.

2) 삭피방식

- 문헌과 현장조사에서 삭피장치(기계)는 찾아 볼 수 없었다.
- 삭피방식은 인력에 의한 전용의 깎기칼로 삭피하는 경우가 86%이고 요리용 칼로 깎는 경우가 14%정도였다.
- 알타리무의 삭피 깊이는 삭피 후 각질 내부가 남도록 하여 김치가 쉽게 무르는 것을 방지하고 있었다.
- 김치공장 고용인력에 의한 알타리무 1일 작업량과 가정주부 10인의 작업량으로부터 계산한 평균삭피작업속도는 90개/시간/1인(40초/개/1인) 이었다.

다. 작업공정별 최적의 장치 및 기계

설문, 자료 및 방문조사를 통해 조사한 내용을 기초로 하여 김치담그기 전처리 작업라인의 각 필요 공정별 기계장치와 기계화 가능여부를 검토한 결과는 표 2와 같다. 전체 작업라인의 구성은 공급라인, 가공라인, 세척라인 및 담금라인으로 분류하였다.

공급라인은 알타리무를 구매하여 가공장으로 입고된 후 무를 가공하기 전에 무청의 불가식부를 제거하고, 크기를 선별하고, 1차세척하여 탈수 후 가공라인에 공급하는 작업라인으로, 검토한 결과 공급라인의 자동화는 첨단 기술수준이 투입되어야 하며, 개발한다고 하더라도 현재의 기계생산 기술수준에서는 실용화가 불가능한 것으로 판단되었다.

가공라인은 라인에 올려진 무를 이송하는 이송장치와, 무청절단장치, 뿌리꼬리부 절단장치, 삭피장치로 구성하여 최대한 인력작업이 불필요하도록 하였다. 각 장치는 여러 가지 방법으로 구상하여 검토되었으며, 가장 적합한 장치들은 제8절에서 설명한 장치였다.

세척라인은 가공라인에서 가공된 무를 세척과 이송작업을 하는 세척장치와 이송장치로 구성된다. 일반 구근류 채소의 세척은 구근을 물통에 담아 물충격과 마찰에 의한 세척방식, 구근을 굴리면서 이송하는 브러쉬 롤러 상에 구근을 올려두고 물분사를 하는 방식, 콘크리트 레미콘과 같이 세로원통에 나선식 브러쉬를 달고 원통내 구근을 투입하여 마찰과 물분사에 의해 세척과 이송을 하는 방식 등이 있다. 알타리무 김치는 뿌리와 무청의 일정부분이 붙어있는 상태에서 김치를 담기 때문에 세척시 무청이 손상되지 않는 방법을 강구하여야 한다.

이를 위해 최적으로 개발한 세척장치는 수류컨베이어 방식이다. 수류컨베이어는 무가 처음 투입되는 와류실, 무를 이송하는 수로, 수로 상단의 물분사장치, 저장조, 물펌프 및 수압, 수위조절 장치로 구성하였다.

담금라인은 가공된 무 소재를 소금에 절이고, 물빼기 하고, 각종 양념을 섞어서 통에 담아 발효조에 저장하는 작업라인으로 검토한 결과 기계화 작업이 불가능한 것으로 판단되었다.

표 27. 알타리무 전처리 가공 공정별 기계화 가능여부

공정	기계, 장치	검토결과	기계화	비고
1차선별	인력 벨트컨베이어	뿌리의 크기별 선별, 3단계 선별, 기계화 작업 곤란	불가능	공급라인
불가식부 제거	인력 벨트컨베이어 수거함	겹잎과 이물질 제거, 기계화 작업 곤란		
가공라인에 공급	인력	기계화 작업 곤란		
무청 절단	절단장치	가공라인에 부착시 인력의 12배 예상	가능	가공라인
무 뿌리 절단	절단장치	가공라인에 부착시 인력의 12배 예상	가능	
삭피	삭피기계 (칼날벨트형, 브러쉬형, 선회칼날형), 물분사 장치	-칼날벨트형,브러쉬형:성능 불량, 실용장치제작 곤란 -물분사장치:성능불량 -선회칼날형: 인력의 6배 예상	가능 (선회칼날형)	가공라인
세척	물분사와류식	인력의 6배	가능 (분사와류식)	세척라인 (세척조)
세척후 이 송	체인컨베이어, 철망컨베이어, 수류컨베이어	수류컨베이어: 잎과 뿌리의 손상이 없음	가능 (수류 이송)	
절 입 조 로 이송	인력, 철망컨베이어	재료손상시 인력이용	가능	담금라인
건지기	인력	기계화 작업 곤란	불가능	
김치 담금	인력	김치공장의 기존라인	불가능	

라. 가공제품의 적용성 검증

인력과 기계에 의하여 삭피한 알타리무의 김치 담금 전후의 위생, 품위를 포함한 관능(맛) 및 유통가능성을 조사분석하였다.

1) 재료 및 방법

가) 시험 재료

시험에 사용한 알타리무는 2004년 6월10일부터 22일까지 경남 진주에서 생산된 것이며, 삭피 전의 1회 원료 량은 10kg이며, 총 3회에 걸쳐 시험하였다.

나) 시험 방법

(1) 시장조사

기계가공 알타리무의 적용성 검증은 알타리무 삭피기에서 가공되어진 기계가공 알타리무의 품질과 담은 김치의 특성과 맛의 검정으로 유통가능성을 판정하였다. 조사방법은 조사대상에게 삭피와 세척된 기계가공 알타리무를 제공하고, 김치를 담그게 하여 준비된 조사표에 의해 자료를 취득하는 방식으로 하였다. 조사대상은 재래시장에서 영업하는 즉석김치 가게(5개 업소) 및 일반 가정(5개)으로 하였으며, 조사대상에게 기계가공한 알타리무를 제공하여 김치를 담그게 하고, 기존의 김치와 비교하여 조사표를 작성하도록 하였다. 김치의 맛을 검사하는 시점은 김치담은 후 10일로 하였다.



그림 122. 김치 담금 후의 상태
(가로 썰기-기계 삭피)



그림 123. 김치 담금 후의 상태
(세로 썰기-기계삭피)

① 시험 대상

- 일반가정 5개
- 시장김치 (반찬전문점), 진주시 소재

천전시장(천전 김치), 서부시장, 동부시장(동부김치), 자유시장(자유김치), 중앙시장(담은 춘)

2) 시험 결과

설문지의 자료를 취합하여 만든 결과표는 기존 수가공 알타리무를 재료로 한 것에 대한 상대적 수치로 나타내었다.

표 28. 위생 만족도 (뿌리부의 흙 및 이물질이 없이 깨끗한가?)

구분	매우 그렇다	대체로 그렇다	보통이다	대체로 그렇지 않다	전혀 그렇지 않다	계	만족지수 평균
응답자수	6	3	1	0	0	10	4.5/5.0
	60%	30%	10%	0%	0%	100.0%	

위생 만족도(흙 및 이 물질)에 대해선 매우 그렇다가 60%이었으나 대체로 그렇다와 보통이다가 40%로 응답하여 기존 수가공에 대한 만족도는 90/100로 나타났다. 그 이유로서 무와 무청의 접합부가 깨끗이 삭피되지 않은 것을 들고 있었다. 그 원인은 기계가공 시 무와 무청의 접합부 깊은 곳은 칼날이 파고들지를 못하는데 있는 것으로, 기계가공으로서는 필연적으로 일어날 수 밖에 없는 문제로서, 김치제조라인 상의 김치 담그기 공정에서 인력의 마무리 작업이 필요할 것으로 생각된다.

표 29. 위생 만족도(무청의 상태는?)

구분	매우 그렇다	대체로 그렇다	보통이다	대체로 그렇지 않다	전혀 그렇지 않다	계	만족지수 평균
응답자수	9	1	0	0	0	10	4.9/5.0
	90%	10%	0%	0%	0%	100%	

무청의 상태는 모두 위생에 만족하는 것으로 나타났고, 기계 삭피에 의한 알타

리무 청은 김치 담그기에는 별다른 문제가 없는 것으로 나타났다.

표 30. 관능(맛) 만족도(담금 이후 맛은?)

구분	매우 그렇다	대체로 그렇다	보통이다	대체로 그렇지 않다	전혀 그렇지 않다	계	만족지수 평균
응답자수	9	1	0	0	0	10	4.9/5.0
	90%	10%	0%	0%	0%	100%	

기계가공 알타리무 김치의 맛은 100%만족하는 것으로 나타났다. 다만 1곳의 응답만이 약간의 문제점을 제기하였는데 기계가공의 것은 껍질부가 깊게 삭피되어 씹는 맛이 덜하다는 것이었다. 그 반면에 9곳은 깊게 삭피한 기계가공 알타리무 김치가 연하고 감칠맛이 더 있다고 답하였다.

알타리무 김치의 맛은 양념, 삭피깊이, 삭피 표면적 및 숙성기간에 따라 다르겠지만 대체적으로 양념이 영향이 제일 크고, 삭피깊이와 표면적은 씹는 질감을 좌우하며 저장성에 영향을 미치는 것으로 추측할 수 있다. 기계삭피 알타리무는 껍질을 얇게 전부 깎으므로 단기간 숙성 및 저장 김치 재료로서 효과적인 것으로 판단된다. 따라서 김치공장에서는 알타리무 김치를 단기간에 상품화하여 출하하여야 경제성이 있는 것이므로 기계가공 알타리무를 적용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

이상에서 기계가공 알타리무는 위생 및 김치 맛에서 수가공의 것과 차이가 없고, 단기 숙성 및 저장 김치로서, 김치공장용으로서 적합한 것으로 판단되었다.

마. 경제성 분석

김치가공 공장에서 알타리무를 인력에 의한 가공과 기계에 의한 가공으로 전처리를 행할 때 작업성능과 소비비용을 비교하여 손익분기점을 분석하고, 적합한 기계규모, 작업능력 및 연간 작업일수를 구명하고자 한다.

1) 분석용 자료

가) 가공능력

2004년 6월에 경남 진주시 도매시장에서 구입한 알타리무로 시험을 실시하였으며, 기계에 의한 가공과 관행(인력)에 의한 가공에 있어 작업속도(개수/min/인), 작업능력(kg/시간)을 조사하여 자료로 활용하였다. 1조와 2조삭피의 경우 기계가 수행하는 일관작업을 삭피+청절단(3단)+뿌리꼬리절단+세척으로 하였을 때 동일작업을 인력으로 한 경우와 비교하여 각각 6배, 10배의 능력이 있었다. 1조삭피는 무 가공기계상에 삭피장치가 1조가 부착되고, 1조삭피는 삭피장치가 2조가 부착되는 경우이다. 개발된 무 가공기계의 자동화 작업방법은 삭피하는 동안에 무청절단과 뿌리꼬리 절단작업을 수행하므로 가공속도는 삭피속도에 의존한다. 따라서 동일 라인에 삭피장치만 2조를 부착할 경우 1조보다 약 1.8배의 작업속도를 올릴 수 있게된다. 2조 이상을 부착할 경우 1인에 의한 무공급이 곤란하다. 표 1은 기계가공과 인력가공의 가공능력을 조사한 결과이다.

표 31. 기계와 인력의 가공능력

구 분		작업속도(초/개/인)		작업능력(kg/일/인)
기계 (일관 작업)	삭피 +청절단,+뿌리 절단+세척	1조삭피	9	1,024
		2조삭피	5.4	1,707
인력	삭피	40		171
	청절단	2.5		
	뿌리절단	1.5		
	세척	10		
	계	54		

나) 소요비용

알타리무 삭피기의 기계 고정비는 1조 삭피 일 경우 2 천만 원, 2조 삭피 일 경우 2천5백만 원으로 각각 2종류로 나누었고, 내구년한은 5년, 일일 작업시간은 8시간, 이에 따른 작업속도는 삭피 성능시험에서 얻어진 자료를 기초로 하여 관행(인력)에 대비하여 1조삭피는 6배, 2조삭피는 10배로 하였다. 경제성 분석지표로 사용하기 위한 계산식은 다음 식들을 이용하였다.

(1) 연간작업량에 따른 가공비용;

- 기계가공비용(원/년)=고정비(원/일)*365 + 유동비(원/일/인)*연간작업량(kg)
/기계작업능력
 - 일용직 인력가공비용(원/년)= 유동비(원/일/인)*연간작업량(kg)/인력작업능력
 - 고용직 인력가공비용(원/년) = 유동비(원/일/인)*연간작업량(kg)
/인력작업능력 + (1-Pw)*고용인수*유동비(원/일)*(365-연간작업량
/(인력작업능력*고용인수))
- 여기서 Pw = 비수기 타업무 종사 비율

(2) 손익분기 연간작업일수

$$= \text{고정비(원/일)} * 365 / (\text{1인 인력가공 비용} * \text{기계작업능력} / \text{인력작업능력} - \text{유동비(원/일)})$$

(3) 손익분기 연간작업량

$$= \text{손익분기 연간작업일수} * \text{기계작업능력(kg/일)}$$

표 32. 소요비용 계산자료

구분		1조삽피기	2조삽피기	관행(인력)
구입가격(천원)		20,000	25,000	0
내구연한(년)		5	5	0
사용시간(시간/일)		8	8	8
고정비 (원/일)	기계감가	11,000	13,700	
	수리비	550	690	
	이자	440	550	
	소계	11,990	14,940	
유동비 (원/일)	인건비	32,082	32,082	32,082
	전기료	6,000	7,000	0
	소계	38,082	39,082	32,082

○ 고정비 =11,990(원/일)

기계감가상각비=20,000,000원/(5년*365)=11,000(원/일)

수리비: 연5%

이자: 연4%

폐기가격 : 구입가의 5%(미고려)

○ 유동비

$$\text{전기료(원/시간)} : \{ \text{기본료}1100\text{원} \times (\text{계약전력}1\text{kw}) \times 12\text{개월} / (\text{연간사용시간}) \} + \\ \{ \text{사용료}37.8\text{원/kwh} \times (\text{연간사용 전력량}) / (\text{연간사용시간}) \}$$

인건비 : 남자 47,621원/일, 여자 32,082원/일

(농협조사월보 2000.1~7월 평균임금)

2) 경제성 분석

그림 124는 연간작업량에 대한 기계가공비용과 일용직 인력가공비용을 비교하여 나타낸 것이다. 인력작업은 1일 고용가능한 여성인력을 대상으로 하였기 때문에 가공비용이 가공량에 비례하여 증가하며, 기계작업은 연간작업량이 증가할수록 고정비의 절감효과가 되어 작업량증가에 대한 가공비용의 증가율이 둔하게 나타났다. 기계가공의 경우 2조식이 1조식보다 작업속도가 빠르기 때문에 2조식의 가공비용의 증가율이 더 작게 나타났다.

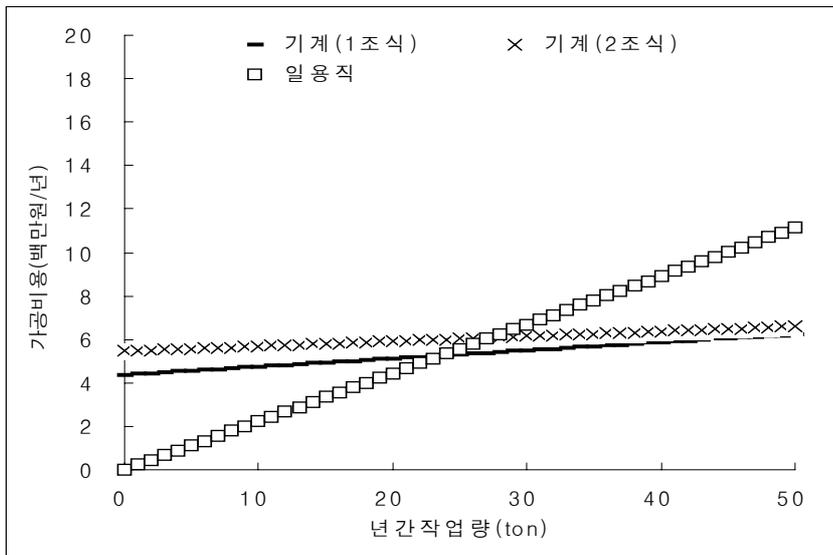


그림 124. 연간작업량에 대한 기계가공비용과 일용직 인력가공비용

기계작업의 가공비용곡선과 인력작업의 가공비용곡선이 만나는 점이 손익분기가 되는 연간작업량로서 전항에서 제시한 계산식으로도 계산된다. 손익분기 연간작업일수는 1조 삭피와 2조 삭피에 대하여 각각 28일과 19일로 구해졌다. 1조 삭피식 무가공기계를 이용할 경우 연간 28일 이상, 2조삭피식의 경우 연간 19일 이상 알타리무 가공작업을 하면, 인력을 이용한 가공비용보다 기계이용가공비용이 줄어들게 된다. 기계 내구년수를 5년으로 하였기 때문에 손익분기가 되는 연속가공일수는 1조식의 경우 140일, 2조식의 경우 95일이 된다. 만약 가공물량이 많은 김치공장의 경우 1년에 140일 이상 기계를 이용하여 작업하면 인력이용보다 이익이 된다.

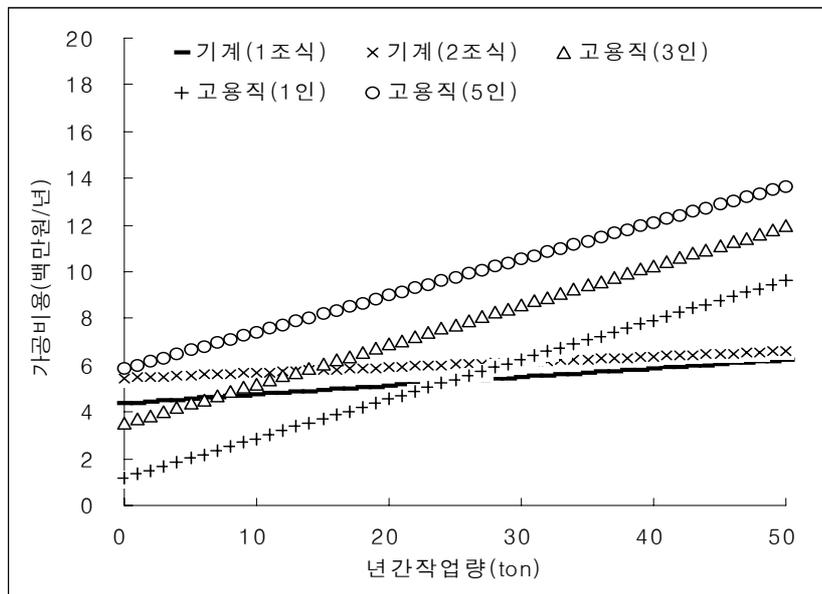


그림 125. 연간작업량에 대한 기계가공비용과 고용직 인력가공비용 (비수기 90% 타업무 활용)

그림 125는 연간작업량에 대한 기계가공비용과 고용직 인력가공비용을 비교한 것이다. 고용직 인력은 무를 가공하지 않는 날은 90%비율로 타업무에 종사하는 것

으로 하여 인력 활용률을 제고시킨 경우이다. 고용직의 경우 일용직에 비하여 1일당 급료는 싸게 되지만 여기서는 동일한 급료로 계산하였다.

고용직인원이 많을 수록 연간작업량에 대한 가공비용이 많으며, 고용직3인을 넘을 경우 연간작업량이 없어도 기계비용을 초과하게 된다. 고용직 1인이 1년내 내 무가공에만 종사할 경우는 1인의 일용직고용과 같은 가공비용이 들어가며, 계산결과 29ton 가공을 초과하는 날 이후부터 인력가공비용이 1조 삭피기계의 가공비용보다 더 들어가게 된다. 따라서 고용직으로 운영하는 김치공장은 기계가공 방식으로 알타리무를 가공하면 보다 큰 이익을 가져올 수 있다.

이상에서 1조 삭피식과 2조 삭피식 알타리무 가공기계의 작업능률은 128 kg/h 및 213 kg/h로 나타났고, 여성인력의 작업능률은 21 kg/h로 나타났다. 기계의 내구년수는 5년, 1조식과 2조식의 가격은 각각 20,000천원 및 25,000천원으로 하여 알타리무 가공기계의 경제성 분석 결과 인력이용에 비교한 손익분기 연간작업일수는 각각 28일과 19일로 나타났다.

조사된 우리나라 김치공장의 알타리김치 1일 평균가공량은 200 - 500 kg/일이고, 가공기간은 3개월 이상이 대부분으로, 연간 최소가공량 18,000 - 45,000 kg 이었다. 1조 삭피식과 2조 삭피식 기계를 도입할 경우 손익분기가 되는 연간 가공량은 각각 28,700, 32,400 kg으로 계산되었다. 따라서 경제적 측면에서 본 연구에서 개발된 기계의 도입이 허용되는 김치공장의 알타리무 연간가공물량은 30 ton 정도로 판단된다.

우리나라 알타리무 연간생산량은 330,000 ton으로 이 생산량의 50%를 기계가공 수요로 예측할 경우 기계가공물량은 연간 165,000 ton이 된다. 1조 삭피식 가공라인의 작업능률은 1,024 (kg/일)로서 30% 가동율(3개월)을 적용하면 전국에 필요한 가공라인은 1,500대 정도이다. 국내 시장규모로는 소형무 등 관련산업에 적용하고, 김치공장의 라인설비 비용을 감안하면 1대당 5,000만원의 도입비용이 예상되며, 전체 750억의 시장규모이며, 세계 김치산업이 활성화 되면 수출시장의 규모는 국내의 30배인 2조 3천억 정도로 예상되어 기술이전 기업의 활성화에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

바. 가공라인 모델정립

가공라인 모델정립을 위해 모든 연구결과를 분석하고, 관련 업체 및 전문가의 평가결과, 가공라인의 필요 기계, 장치, 방식과 규격, 작업성능은 해당 연구결과를 그대로 적용해도 무방할 것으로 판단되며, 가공라인의 최적 구성을 위해 필요한 연구를 수행한 결과는 다음과 같다.

1) 알타리무의 크기와 기계가공 적응성

개발된 알타리무 가공기계는 무칭 및 뿌리꼬리 위치를 수동조작 토록 설계되었기 때문에 무의 크기편차가 심할 경우 뿌리꼬리의 절단이 되지 않거나, 뿌리와 청이 과도하게 절단되어 가공정밀도가 떨어지게 된다. 크기편차가 심할 경우 알타리무를 크기별로 선별하여 가공하는 것이 가공정도가 향상되고 가공손실이 적게 된다. 선별 등급의 수를 몇 단계로 하는 것이 타당한가를 결정하기 위하여 재배지가 동일하고 동시에 출하된 알타리무의 크기편차를 조사하였다. 그림 126은 2004년 3월에서 7월까지 알타리무 청의 길이를 분포를 조사한 결과이고 표 33은 평균과 표준편차를 계산한 것이다.

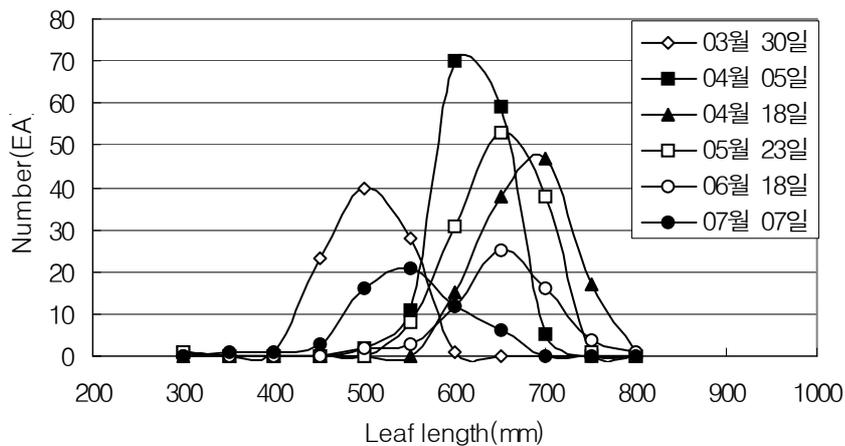


그림 126. 알타리무 청의 길이분포

표 33. 알타리무 청 길이의 평균과 표준편차

단위: mm

월. 일	3. 30	4. 05	4. 18	5. 23	6. 18	7. 07
평균	482.3	593.9	657.5	621.1	637.9	524.7
표준편차	34.9	46.1	41.7	74.2	55.1	56.0

알타리무 청 길이의 평균과 표준편차는 일자별로 차이를 보이는데 품종과 재배 기간이 다른 때문인 것으로 판단된다. 최대 표준편차는 74.2 mm로 선별이 필요한 것으로 판단되나, 뿌리부의 길이와 청길이는 비례하고 김치를 담그는 것은 뿌리의 크기 중심으로 가공되므로, 뿌리 크기에 따른 선별에 종속시켜도 무방할 것으로 판단된다.

그림127은 알타리무의 뿌리부의 길이의 분포를 조사일에 따라 분류한 것이다.

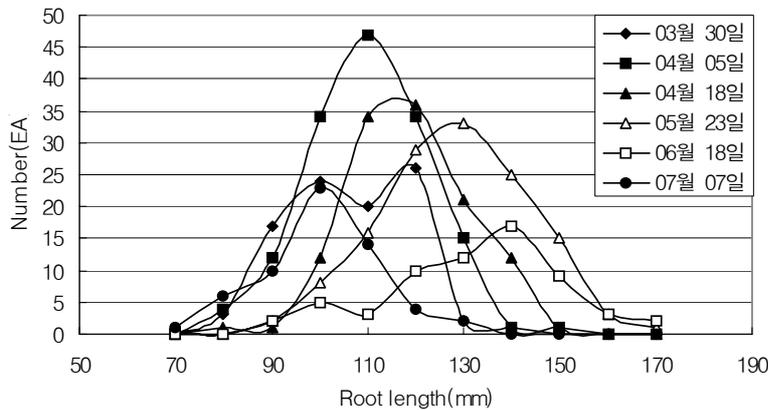


그림 127. 알타리무 뿌리부의 길이 분포

표 34. 알타리무 뿌리부 길이의 평균과 표준편차

월. 일	3. 30	4. 05	4. 18	5. 23	6. 18	7. 07
평균(mm)	106.3	110.1	118.6	128.1	132.2	99.7
표준편차	12.8	12.7	12.5	15.6	18.7	15.7

표 34는 알타리무 뿌리부 길이의 평균과 표준편차를 나타낸 것이다. 5월 이후에

는 노지재배 알타리무가 많아 길이의 편차가 심하고, 뿌리부 길이의 99%수준의 오차는 최대 50mm, 95%수준의 최대오차는 30mm로 나타났다. 반면에 시설재배한 무는 99%수준에서 최대오차 35mm, 95%수준에 25mm 정도로 나타나 뿌리끝을 일정길이로 절단하는 기계가공시의 손실은 인력에 비하여 매우 클 것으로 생각된다.

그림 128은 알타리무 뿌리의 최대직경의 분포를 조사일에 따라 나타낸 것이다.

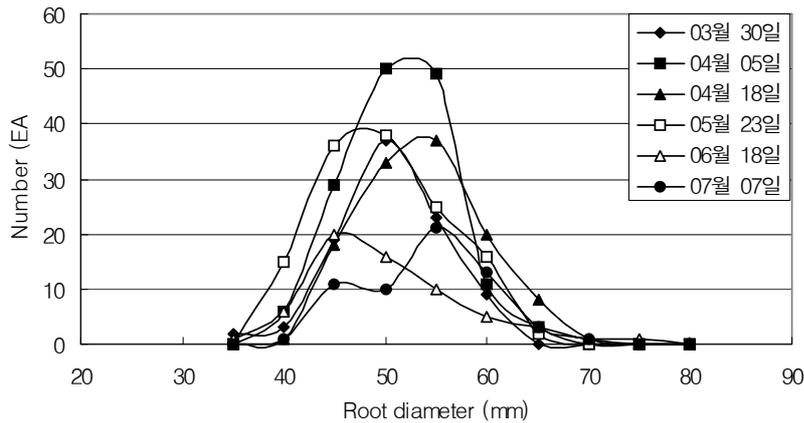


그림 128. 알타리무 뿌리의 최대직경분포

표 35. 알타리무 최대직경의 평균과 표준편차

월. 일	3. 30	4. 05	4. 18	5. 23	6. 18	7. 07
평균(mm)	48.5	49.0	51.5	47.7	48.5	51.6
표준편차	5.3	5.0	5.6	6.1	7.7	6.4

표 35는 알타리무 뿌리부 길이의 평균과 표준편차를 나타낸 것이다. 최대직경의 표준편차도 5월이후 노지재배의 경우가 크게 나타나고 있다. 기계삭피시 삭피칼날의 삭피폭이 한정되어 있어서 직경이 큰 경우는 비삭피 부분이 생길 것이 예상된다. 그러나 시설재배한 알타리무의 경우는 기계삭피시 비삭피부분은 거의 무시할 수 있을 것으로 사료된다.

따라서, 크기를 3단계로 선별하여 삭피기계에 적용시키는 것이 바람직하며, 대형 김치공장의 경우 삭피기계 3대를 구비하여 삭피손실을 줄이고 정밀한 삭피가

이루어지도록 하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

시설재배 알타리무는 5월 이전에 국내 총생산량의 50%정도를 차지하므로 김치 공장의 경우 1대의 삭피기계로도 삭피손실이 적은 기계작업이 가능할 것으로 사료되나, 3단계로 기계가공규격을 조절하면서 무의 너무 큰 것과 너무 작은 것을 분리하여 삭피하면 손실을 줄일 수있을 것으로 생각된다.

결론적으로 생산지와 출하시기가 동일한 알타리무의 뿌리부 길이오차는 95%수준에서 30mm 정도로서 3단계로 크기를 선별하여 기계가공을 수행하는 것이 삭피손실을 줄이고, 정밀한 삭피가 이루어질 것으로 판단된다.

2) 기계와 장치의 최적배치

자료조사 결과와 표 27을 참조하여 알타리무 전처리 가공시스템의 가공공장 라인화를 위한 기계와 장치의 배치를 계획한 결과는 그림 129와 같다. 소규모 단독 작업 가공용으로는 그림 129의 가공라인 부분인 무청 절단-뿌리절단-삭피 작업을 일괄 기계화 작업이 가능한 그림 26의 삭피기계가 적합하다. 대형의 가공공장에서는 알타리무의 크기의 편차가 심한 경우를 대비하여 3단계로 선별하여 가공라인을 구성하고, 삭피장치는 2조로 탑재하여 인력 1인의 무공급 속도에 맞추면서 가공라인의 작업효율을 높이도록 하는 것이 바람직한 것으로 생각된다

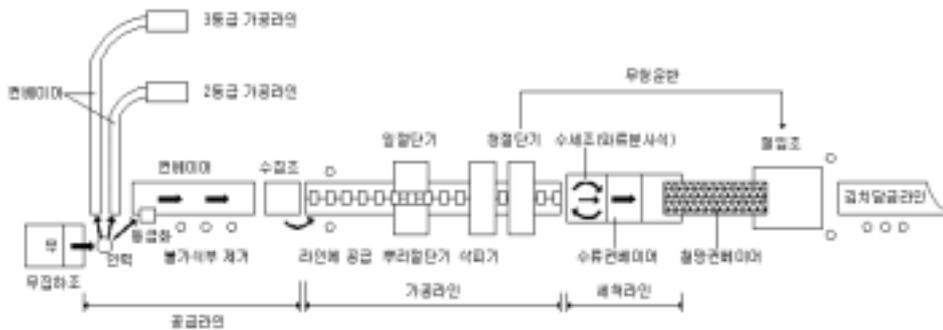


그림 129. 알타리무 전처리 가공시스템 라인화용 기계와 장치의 배치도

사. 상품화 방향

본 연구에서 개발된 알타리무 가공라인의 상품화를 위해 추진되어야할 주요 내용을 정리하면 다음과 같다.

1) 기계 및 장치의 수정 보완

- 무공급부 안전장치 설치
작업자가 가공라인에 무를 공급할 때 가동되는 기계(특히 무 이송용 받침대 등)에 손이나 의복이 걸려 들어가는 위험을 방지하기 위한 보호장치의 설치가 필요함
- 상품화 디자인
구매 욕구 충족, 상품의 질향상, 작업자 활동의 편의성을 고려함.
- 경량화, 제작비용 절감 및 내구성 향상을 위한 설계
- 라인작업에서 발생하는 무청 쓰레기, 삭피된 칩 등을 수거하는 장치 부착
- 단독 장치 및 기계를 연결하여 가공대상을 이송하는 이송장치 개발

2) 상품화 방향

- 단독 및 라인화 겸용으로 삭피기계와 세척기를 각각 제품화하여 소규모 및 대규모 김치공장 수요에 효율적으로 대응함
- 삭피기계 : 무청, 뿌리 절단 및 삭피의 일관 자동화
- 세척기 : 재료의 손상이 없이 세척하여야 할 업체류 등 세척기로 제품화

3) 산업화 추진방법 및 순서

- 개발한 시작품을 김치공장 현장에 설치하여, 문제점 파악 및 보완
- 제품화 디자인 및 설계, 제작
- 제품의 성능검증 및 신기술기계 등록
- 제품 판매

아. 요약 및 결론

가공라인 최적화 구명을 위해, 김치공장과 김치 판매장의 현장방문 및 설문 조사를 통해 알타리무의 가공공정과 작업방법을 조사하고, 기계화에 적합한 가공공정과 가공순서를 확립하고, 가공공정별 적합한 기계와 장치를 선정하였으며, 개발된 기계의 경제성 분석을 실시한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 김치공장 고용인력에 의한 알타리무 1일 작업량과 가정주부 10인의 작업량으로부터 계산한 평균삭피작업속도는 90개/시간/1인(40초/개/1인) 이었다.
- 2) 알타리무 전처리 가공시스템의 라인화 작업공정은 1차선별(인력) --> 불가식부 제거(잎, 줄기)(인력) --> 작업라인에 올리기(인력) --> 무청, 무뿌리 절단 --> 삭피 --> 세척(와류식 수세) --> 이송(수로식) --> 일시저장조 --> 체인벨트 컨베이어 --> 절임 수조 --> 건조기(인력)로 이루어지도록 하는 것이 효율적인 것으로 판단된다.
- 3) 알타리무의 김치담그기 전의 기계화 작업이 가능한 전처리 가공공정은 가공라인과 세척라인으로서, 청절단, 뿌리꼬리 절단, 삭피 및 세척 공정으로 판단되었다.
- 4) 생산지와 출하시기가 동일한 알타리무의 뿌리부 길이오차는 95%수준에서 30mm 정도로서 3단계로 크기를 선별하여 기계가공을 수행하는 삭피손실을 줄이고, 정밀한 삭피가 이루어질 것으로 판단된다.
- 5) 기계가공 알타리무는 위생 및 김치 맛에서 인력가공의 것과 차이가 없고, 단기 숙성 및 저장 김치로서, 김치공장용으로서 적합한 것으로 판단되었다.
- 6) 개발된 알타리무 가공기계의 1조 삭피방식과 2조 삭피방식의 인력가공방식에 대비한 손익분기 연간작업일수는 각각 28일, 19일, 손익분기 연간가공량은 각각 28,700 kg, 32,400 kg으로 계산되었다.
- 7) 모든 연구결과와 김치공장관계자 및 전문가의 평가 결과로부터 개발된 전처리 가공시스템은 그대로 상품화 모델로 제시할 수 있는 것으로 판단된다.

제4장 목표달성도 및 관련분야에 의 기여도

본 연구의 최종목표는 알타리무 전처리 가공라인을 상품화 가능한 수준까지 개발하는데 있다. 연구 개발의 효율성을 기하기 위하여 2개의 소과제로 나누어 수행하였다. 제1과제는 기계 및 장치개발, 제2과제는 효율적 시스템 연구이다. 당초연구계획에서 제시된 연도별 연구목표와 평가착안점은 표36, 표37과 같다. 3년간의 연구개발결과 최종목표를 달성하였고 관련 기업, 김치공장, 학계 관련전문가의 평가 결과 평가착안점인 성과물의 기업화가 가능하며, 제품화를 추진하면 김치공장 등의 현장에로인 인력난과 생산성 향상의 해결이 이루어지고 고품질 김치 생산이 가능하게 되었다.

연도별 연구목표와 평가착안점에 입각한 모든 연구개발은 성실히 수행하여 완수하였으며, 알타리무 전처리 가공라인에 필요한 장치 중 삭피장치는 가장 핵심 장치로서 이 장치의 개발은 당초 생각보다 매우 어려웠으며, 계획된 연구내용 범위에서는 이 장치의 개발이 성공될 수 없었다. 삭피장치의 요소기술인 삭피칼날의 최적형태 구명, 새로운 삭피방법의 수차례 시도 등을 추가로 수행하여 실용화 가능한 삭피장치를 찾아내고 삭피기계를 개발할 수 있었다.

관련분야 기술발전에의 기여도로서는 본 연구를 수행하면서 중요한 요소기술에 대한 논문발표 4건, 학회논문게재 2건, 향후 발표 및 게재예정 2건으로 관련기술의 보급이 수행되고 있으며, 알타리무 가공기술의 개발로 일반 무나 구근류의 가공기술에의 자료를 제공하여, 김치공장 등 관련산업의 자동화 기술 발전에 상당한 영향을 미칠 것으로 판단된다.

표 36. 연도별 연구목표

구 분	연 구 개 발 목 표	연구개발 내용 및 범위
1차 년도 (2001)	공정별 장치의 최적화 구명	1. 기계 및 장치 개발 ○ 공정별 장치의 최적화 구명 - 삭피장치 - 공급, 이송장치 - 제어장치 2. 효율적 시스템 연구 ○ 전처리 가공공정 확립 - 기계화 방향, 규모 제시
2차 년도 (2002)	전처리 가공라인 최적화 기술취득	1. 기계 및 장치 개발 ○ 삭피기계 개발 - 최적설계 - 시작기 제작 및 성능시험 - 문제점보완 2. 효율적 시스템 연구 ○ 가공라인 최적화 연구 - 가공라인 모델 정립 - 작업라인 설계, 제작
3차 년도 (2003)	상품화 방향수립	1. 기계 및 장치 개발 ○ 가공라인 개발 - 최적설계 - 시작기 제작 및 성능시험 - 상품화 모델 제시 2. 효율적 시스템 연구 ○ 능률적 작업모델 연구 - 작업라인 개발 - 상품화 모델설정

표 37. 평가 착안점

구 분	평가의 착안점 및 척도	
	착 안 사 항	척 도 (점수)
1차년도(2001)	○ 개발방향 정립의 타당성 ○ 장치 고안설계의 수준 ○ 시험결과의 이용성	30 30 40
2차년도(2002)	○ 개발된 기계의 성능 ○ 산업화 가능성 ○ 충분한 기술자료 취득	30 40 30
3차년도(2003)	○ 연구개발 노력 ○ 개발된 기계의 현장 적응성 ○ 상품화 가능성	30 30 40
최종평가	○ 기업화 달성 가능성 ○ 현장애로 타개	50 50

제5장 연구개발결과의 활용계획

1. 기술자료 및 정책자료 제공

- 기 논문발표 및 게재 : 6건

- 1) 김성태, 민영봉, 정효석. 2002.2.22. 알타리무의 물리적 특성, 한국농업기계학회 2002년 동계학술대회 논문집 7(1):579-584.
- 2) 민영봉, 김성태, 강동현. 2003.2.20. 알타리무 삭피용 최적 칼날형상의 구명, 한국농업기계학회 2003년 동계학술대회 논문집 Vol. 8, No. 1 : 303-308.
- 3) 민영봉, 김성태, 강동현. 2004. 2.19. 알타리무 전처리 가공시스템 개발(1) -무청절단장치-, 한국농업기계학회 2004 동계 학술대회 논문집 제9권1호 : p314-317.
- 4) 민영봉, 김성태, 강동현. 2004. 2.19. 알타리무 전처리 가공시스템 개발(2) -무 뿌리끝부 절단장치-, 한국농업기계학회 2004 동계 학술대회 논문집 제9권1호 : p318-321.
- 5) 민영봉, 김성태, 강동현, 정태상. 2003.10. 알타리무 삭피용 최적 칼날형상의 구명, 한국농업기계학회지 28(5):421-428.
- 6) 김성태, 민영봉, 정효석, 2004. 알타리무 삭피장치 개발에 관한 연구(1) -알타리무의 물리적 특성-, 한국농업기계학회 바이오시스템공학 9(1):29- 36.

- 학위배출

- 1). 강동현. 2003. 알타리무 삭피용 최적 칼날형상의 구명.
경상대학교 석사논문

- 특허 : 2건

- 1) 특허구분 : 실용신안, 고안의 명칭 : 무우 삭피기
출원일 : 2002.01.31, 등록일 : 2002.04.10
출원번호 : 제2002-3064호, 등록번호 : 제0273104호
- 2) 특허구분 : 발명특허, 발명의 명칭 : 무 가공기계
출원일 : 2003.10.06, 출원번호 : 제2003-69152호

- 향후 : 논문 2건, 학위배출 2명, 특허 1건

2. 기업화 추진방안

본 연구에서 개발한 장치와 기계의 기업제품화를 위한 연도별 계획은 다음과 같다.

2004.8.-2004.12 :

- 개발품의 문제점 파악 및 보완

개발한 시작품을 상품화 하기위해 각 시작품을 김치공장 현장에 설치하여, 문제점 파악 및 보완이 필요하다.

- 기술이전 업체 선정 및 기술료 계약

개발에 참여한 업체를 우선, 중소기업의 기술료 일부감면, 대학의 산학협력단에 이관하여 계약.

- 기술이전사업비 확보

기술이전대상 업체의 기술지도, 중요부품 제작설비 지원, 관리비 등의 예산 확보, 중소기업청, 산업자원부, 농림부 등 지원기관에 응모

2005.1.-2005.6. 제품화 디자인 및 설계제작

2005.7.-2005.12. 제품의 성능검증 및 신기술기계 등록

2005. 10. 제품 출시

제6장 참고문헌

1. ASAE. 1996. ASAE Standards. S368.3 MAR95.
2. ASAE. 1996. ASAE Standards. S459 FEB93.
3. Kim, M. S., Jung, H. M. and Park, J. M. 1999. Mechanical Properties of the radish and the carrot. Proceedings of the KSAM Winter Conference. Vol.4, No.1. : 500-508. (In Korean)
4. Kim, T. J. and Park, K. W. 1985. Articles : Effect of Cultivar and Culture Technique on the Growth and Quality Components of *Raphanus sativus* L. var . ' Altari '. J. of the Kor. Soc. Hort. Sci. 26(1):7-13. (In Korean)
5. M. A. F., 2000. Crop production. Statistics Related to Agricultural Industry. (In Korean)
6. Nuti N. Mohsenin. 1996. Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Breach science publishers, N. Y.
7. 김영일. 2002. 2001년 김치 생산실태 및 수출동향. 농수산물유통공사.
8. 농림부. 2001 - 2003. 무의 전국 재배현황. 농림통계연보.
9. 컴파일테크놀러지(주).2001. TinyPLC User's Manual.
10. 한국농업기계학회. 1999 ~ 2002. 농업기계연감
11. Internet site : 농산물도매시장
서울가락도매 www.garak.co.kr
부산엄궁도매 www.eomgung-market.busan.kr
부산반여도매 www.banyeo-market.busan.kr
인천구월도매 <http://guwol-market.inpia.net>
인천삼산도매 <http://samsan-market.inpia.net>
창원도매시장 <http://changwmarket.go.kr>
진주도매시장 <http://jinju21.or.kr>
순천도매시장 www.scmarket.or.kr
광주도매시장 <http://gakhwa-market.gjcity.net>
대구도매시장 <http://market.daegu.go.kr>
12. Internet site : <http://www.afmc.co.kr> - 농산물유통공사, 김치 자료실.

주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.