

김치생산용 알타리무 전처리가공시스템 개발(III)

- 삭피장치의 개발 -

민영봉 김성태 정태상

Development of the Altari Radish Pre-processing System for Kimchi Production(III)

- Development of the Peeling Device -

Y. B. Min S. T. Kim T. S. Chung

Abstract

A prototype peeling device with rotating cutter blades was designed to peel altari radish skin. With the designed blades, the maximum peeling depth increased as the cutter clearance increased but the effect of the peeling speed was not significant. The optimal operating conditions for peeling was; the peeling speed was at 0.19 m/s when peeled 2.5 blades/sec and the maximum peeling depth was 1.5 mm, the minimum peeling depth was 0.5 mm, and the leaf rotating speed was 12 rpm, respectively.

In the peeling test for the optimum operation conditions, with a auxiliary rolling device could adjust the rotational speed of the root uniformly, the altari radishes under 70 mm diameter were peeled perfectly.

Keywords : Altari radish peeling device, Rotating cutter blade, Optimal operating conditions

1. 서론

알타리무의 김치담그기 전 가공작업 중 기계화가 가능한 것은, 무청절단, 뿌리꼬리절단, 삭피작업 및 세척작업 등이다. 이중 삭피작업의 기계화에 요구되는 기능은 무를 돌리면서 다양한 곡선의 표면에 연하여 칼날로 무의 표피를 깎아내는 것인데, 알타리무 김치는 무청을 붙인 채로 가공되기 때문에, 뿌리의 형상이 다양한 김치 생산용 알타리무의 삭피장치의 개발은 매우 어렵다.

본 연구진은 일련의 김치생산용 알타리무 전처리가공시스템 개발에 관한 연구를 수행하여, 제1보(Min, et al, 2004)에서는 무청절단과 뿌리꼬리절단 작업의 기계화를 위한 장치개발에 관하여, 제2보(Min, et al., 2005)에서는 평면형 삭피칼날의 최적형상에 관하여 보고한 바 있다. 이상의 선행연구에

서는 칼날벨트형, 브러쉬형 및 회전칼날형 등의 삭피장치에 관하여 실험하였던 바, 회전칼날형에 의한 기계삭피 방법이 무의 삭피표면이 가장 깨끗하고 기계제작의 용이성이 우수한 것으로 나타났다. 그리고 삭피장치에 적합한 평면형 삭피칼날의 최적형상을 구명하였던 바, 삭피표면이 매끈하게 절삭되는 칼날의 경사각은 45° 이상이었으며, 삭피저항이 최소로 되는 칼날각은 20°, 경사각은 60°인 것으로 나타났다. 이와 같은 연구의 결과들은 실용적 삭피장치를 설계할 수 있는 충분한 자료를 제공하였고, 몇 가지 기초시험을 토대로 실용적 삭피장치의 설계방향을 설정할 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 김치생산용 알타리무 전처리가공시스템의 중요 구성장치인 알타리무 삭피장치를 개발하기 위하여, 전처리가공라인상에 설치할 시작기를 설계제작하고 성능시험을 실시함으로써 장치의 효율적인 구조와 작동조건을 구명하고 실용화 가

This study was conducted by the research fund supported by Agricultural R&D Promotion Center (ARPC) and Institute of Agriculture and Life Science (IALS) of the Gyeongsang National University. This article was submitted for publication in March 2005, reviewed and approved for publication by editorial board of KSAM in June 2005. The authors Young Bong Min, and Sung Tae Kim, Professor, Division of Agricultural System Engineering, Gyeongsang National University, and T. S. Chung, Associate Professor, Jinju National University. The corresponding author is S. T. Kim, Professor, Division of Agricultural System Engineering, Gyeongsang National University, Jinju, 660-701, Korea; E-mail : <kimsung@nongae.gsnu.ac.kr>

능성을 검증하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 삭피장치

시작기는 본체프레임, 무청절단장치, 뿌리꼬리절단장치, 무보조회전장치(이하 보조회전장치), 무회전장치(이하 회전장치) 및 무삭피장치(이하 삭피장치)등으로 구성되었는데, 제1보에서는 전체적 구성과 작동 및 무청절단장치와 뿌리꼬리절단장치의 성능실험 결과를 보고하였다.

그림 1은 칼날돌기형 보조회전원반(직경 50 mm, 폭 7 mm, 칼날돌기두께 1 mm, 돌기높이 3 mm, 돌기개수 16개)이 무의 표면에 접촉하여 무를 회전시키는 보조회전장치와, 스프링판 자루에 9개의 삭피칼날을 갖는 회전칼날형 삭피장치를 나타낸 것이다. 그림 2는 무청을 잡고 돌리는 회전장치를 나타낸 것이며, 그림 3은 삭피칼날부의 구조를 나타낸 것으로,

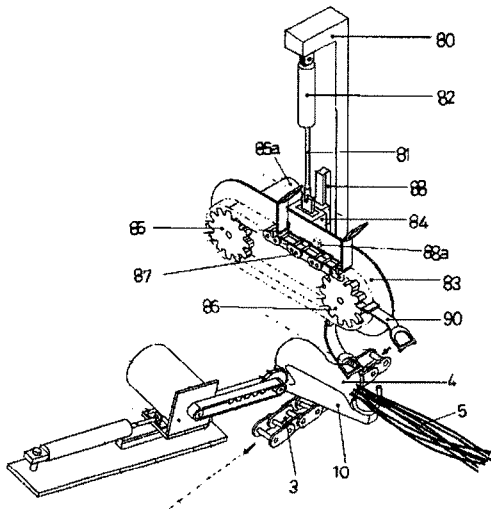


Fig. 1 Peeling device.

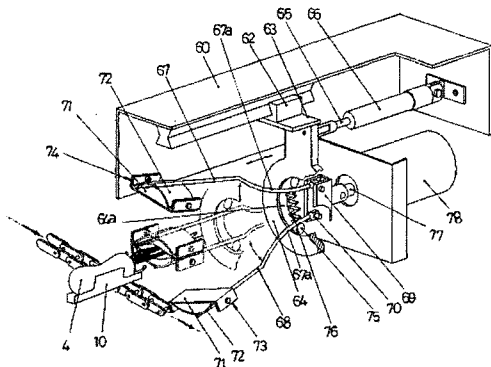


Fig. 2 Radish rotating device.

회전하는 장착 체인에 T자형 스프링판(폭 8 mm, 두께 0.6 mm)을 고정하고 스프링판의 끝에 삭피칼날을 부착하였다. 삭피칼날은 양 끝에 돌기부가 있고, 이 돌기부가 칼자루에 매달려서 칼날이 칼자루 중심선에서 상하 45°씩 90° 움직일 수 있도록 하였다. 그림 4는 삭피칼날에 의한 곡면의 삭피과정을 나타낸 것으로, 무 뿌리부의 중심선을 기준으로 표피의 종단면 곡선의 기울기(이하 뿌리표면기울기)가 45°, 뿌리부 최대 직경 80 mm까지 삭피가 가능하도록 장치를 구성하였다.

기계가 작동되면 그림 1과 그림 2에서의 무반이(10)에 탑재된 무(4)가 제1장착체인(3)에 의해 이송되어 그림 2의 회전장치의 무청홀더(73, 74)의 중앙 영역으로 위치되면, 그 이송이 일시 정지되고, 공압조작 및 브레이크 감속모터에 의해 무청홀더가 무청을 잡고 약 1.25회전하게 된다. 이때, 무청홀더의 회전과 동시에 그림 1의 무삭피장치가 작동되고, 무가 1회전될 때 삭피가 완료된다.

이 과정을 구체적으로 설명하면 다음과 같다. 즉, 무반이(10)에 탑재된 무(4)가 제1장착체인(3)에 의해 이송되어 그림 2의 무회전장치의 무청홀더(73, 74) 중앙부분으로 위치되면, 그 이송이 일시 정지되고, 공압조작에 의해 공압실린더(66)가 작동되어 로드(65)가 전방으로 신장(전진)하게 된다. 그러면 본체 후면에 설치된 직선운동가이드(62)가 전진하게 됨에 따라 베어링홀더가 전진하게 된다. 이에 따라 베어링홀더의 볼 베어링(75) 내측이 베어링홀더의 끼움구멍을 통하여 삽입되고, 타단이 암로드(67, 68)의 곡선부(67a) 외측에 접촉되어 미끄럼운동으로 전진하여 곡선부를 벗어나게 됨으로써 암로드

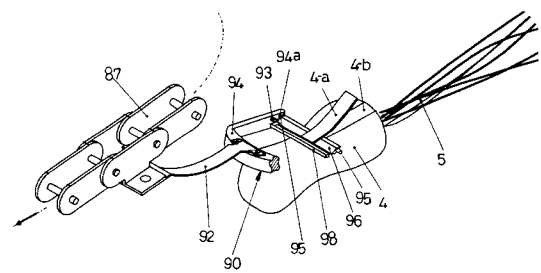


Fig. 3 Peeling blade.

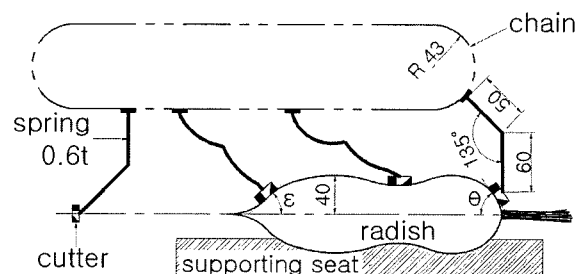


Fig. 4 Peeling of the curved surface.

가 압착되어 오르라지게 된다. 이와 동시에 재료는 암로드 한 쪽에 각각 홀더부(71)로써 고정되고, 이것의 내측에 있는 고무재질의 파지부(72)가 서로 맞닿게 되면서 무반이의 무청가이드(14)에 위치된 무청(5)을 안정되게 파지하게 된다. 이때, 암로드의 스프링부재(76)가 압축된다. 그 다음으로 고정대 후면에 설치된 제동전동기(brake motor, 78)가 작동되어 무청홀더를 약 1.25회전시키게 된다. 이때, 무청홀더의 회전과 동시에 삭피장치가 작동되며, 무가 1회전될 때 삭피가 완료된다.

삭피완료 후 공압실린더의 로드(81)가 축소(후퇴)되고, 이에 따라 베어링홀더의 끼움구멍 내측면을 따라 회전 가능하게 삽입된 볼베어링의 내측이 암로드의 외측에 접촉되어 후진하게 되면서 곡선부에 일치되는 순간 암로드의 곡선부 내측 사이에서 압축된 스프링부재가 복원력으로서 암로드가 벌어지게 되면, 다시 제동전동기가 약 0.75회전되어 무청홀더가 수평으로 벌어진 초기상태를 유지하게 됨으로써 회전장치에서 작업이 완료되어 다음 작업을 대기하게 된다. 이때, 고정대 상부에 돌기부를 설치하고, 이를 감지하는 센서를 장착하여 제동전동기를 제어하여 무청홀더의 초기상태가 유지되도록 하였다.

이와 같이 작동되는 회전장치로 무청을 안정되게 파지한 상태에서 삭피장치가 작동되어 무의 삭피작업이 이루어진다. 이를 그림 1을 기준으로 설명하면, 무청홀더에 의해 무청이 파지된 상태에서 공압조작에 의해 본체 전면의 공압실린더(82)가 동작되어 로드(81)가 하방으로 신장된다. 이에 따라 로드(81) 타단이 고정되고, 전면에 체인케이스(83)가 고정된 지지대(84)와 전동기(85a)가 구비된 스프로킷(85, 86), 여기에 연결되는 제 2장착체인(87) 및 삭피칼날(90)이 동시에 하방으로 이동되고, 삭피칼날의 칼날부(96)가 무의 머리 꼬리부분에 닿는 순간 회전장치가 무를 회전시키게 된다.

이때, 수직프레임과 지지대 사이에는 직선운동가이드(88)가 설치되어 삭피칼날의 원활한 상하 직선운동을 안내하게

되고, 직선운동가이드의 끝에는 스톱퍼(88a)가 설치되어 삭피칼날이 무의 뿌리를 완전히 깎을 수 있을 정도로 내려오면 정지된다.

무회전장치의 무청홀더가 무청을 파지하고 회전시킬 때 삭피칼날은 무의 뿌리를 종단으로 삭피하게 되고, 무청이 약 1.25회전하면 무의 뿌리는 약 1회전하여 뿌리부의 삭피가 완료된다.

이러한 삭피칼날은 전동기와 직접 연결된 스프로킷으로 구동되는 그림 3의 제2장착체인(87)에 체결되어 이것의 직선-원주운동 궤적을 따라 이동되면서 칼날부(96)가 무의 뿌리부에 접하여 삭피하게 된다.

이와 같이 삭피가 완료되면 공압실린더(82)의 로드(81)가 상방으로 축소됨에 삭피칼날(90)이 상방으로 복귀되어 다음 작업을 대기하게 된다. 그림 5는 제작한 삭피장치 시작기로 알타리무를 삭피하는 광경을, 그림 6은 시작기로 가공한 알타리무의 상태를 나타낸 것이다.

나. 삭피칼날 적용시험

그림 7은 삭피장치에 적용한 칼날의 실제 모양과 치수를 나타낸 것이다. 칼날의 양 끝은 돌기를 만들어 그림 3처럼 칼날자루에 연결되어 삭피시 칼날이 자연스럽게 무 표피를 파고들어난 후 깊이가이드에 의해 일정한 삭피깊이를 유지하도록 하였다. 그림 7의 칼날은 깊이가이드와 날끝의 간격 즉, 칼날홈간격(w)에 따라 삭피깊이(d)가 달라지는 구조이다. 그림 8은 삭피시 칼날홈간격에 따른 삭피저항, 칼날자세 및 삭피깊이를 조사하기 위하여 칼날홈간격의 조절이 가능하게 한 칼날부착장치이다. 삭피칼날 적용시험은 그림 8의 칼날부착장치를 선행연구(Min et al., 2003)와 제1보의 삭피칼날의 삭피시험장치에 장착하여 시험하였다. 시험조건으로서 삭피속도는 0.1 m/s, 0.2 m/s, 및 0.3 m/s, 칼날홈간격은 2 mm, 3 mm 및 4 mm로 하였고, 조사내용으로서 삭피저항은 삭피시험장

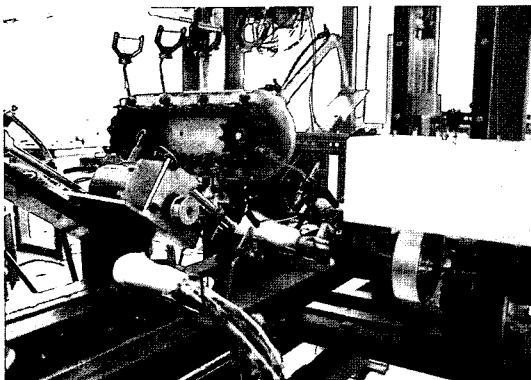


Fig. 5 Peeling on the prototype.



Fig. 6 Before and after peeling.

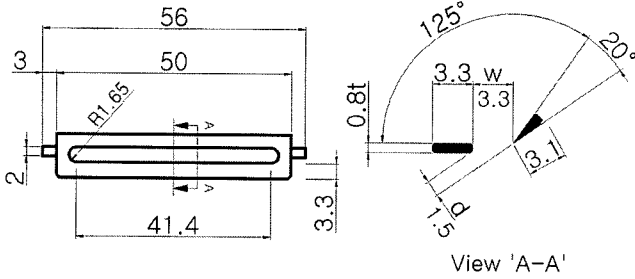


Fig. 7 Details of the peeling blade.

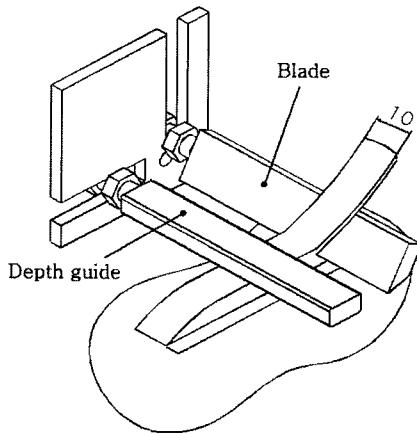


Fig. 8 Clearance adjustable peeling blade attachment.

치의 스트레인지지-컴퓨터측정시스템에 의하여 측정하였으며, 삭피깊이는 삭피된 칩의 최대두께를 최대삭피깊이로 대신하여 버니어캘리퍼스로 측정하였다. 또한 삭피시 칼날의 자세로서 여유각을 고속촬영과 관찰을 통하여 조사하였다.

알타리무의 재료는 7월 초에 수확된 평균 알타리무를 경남 진주시 농산물도매시장에서 구입하여 사용하였다. 시료는 그림 8와 같이 폭 10 mm의 일정한 두기로 가공하였으며, 시험은 각 시험조건에서 5회씩 반복 실시하였다.

다. 삭피장치의 성능시험

선행의 연구(Min, et al., 2004)에서 평면형 삭피용 칼날의 최적 칼날각은 20°, 삭피속도는 0.2 m/s이었으며, 칼날 적용 시험에서 최대삭피깊이가 1.5 mm가 되는 최적 칼날홈간격은 3.3 mm인 것으로 나타났다. 이를 근거로 삭피장치에 적용한 칼날은 그림 7에 나타난 치수와 같다. 장치의 성능시험은 체인벨트에 76.2 mm간격으로 부착한 9개의 삭피칼날의 선속도를 0.19 m/s로 고정한 상태에서 실시하였다. 본 성능시험에서는 삭피가 진행되는 동안 그림 4의 무의 표면기울기에 따른 삭피가능 여부를 조사하고, 무청회전속도 변화와 보조회전원반의 작동유무에 따른 완전삭피율을 조사하였다. 완전삭피율은 삭피시험한 전체 개수에 대한 무의 몸통부가 완전삭피된

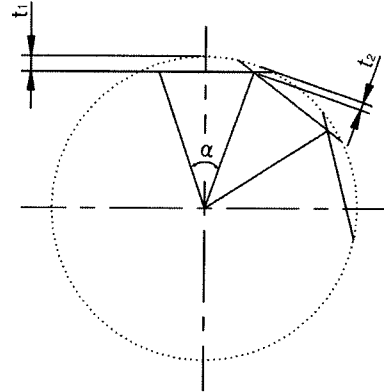


Fig. 9 Peeling section.

개수의 비로 계산하였다. 삭피속도와 무청회전속도를 조정하기 위하여 인버터를 이용하여 각 회전모터의 속도를 조절하였다.

그림 9는 삭피시의 뿌리부 단면을 나타낸 것이다. 그림에서 삭피각(α)는 알타리무 1회전당 삭피회수와, 최대삭피깊이(t_1)는 칼날형상과 관계가 있으며, 최소삭피깊이(t_2)는 삭피속도, 무청회전속도 및 무의 직경에 관계된다. 본 시험에서는 최대 절삭깊이는 1.5 mm, 최소절삭깊이는 0.5 mm로 되는 조건으로 삭피시험을 실시하였다.

삭피장치의 시험은 그 중요성을 감안하여 무작위로 각 시험조건마다 50회의 반복시험을 실시하였으며, 시험시의 알타리무의 직경분류는 측정직경 ± 2.5 mm로 하였다. 시험에 사용된 알타리무의 뿌리부 평균길이는 94.3 mm, 머리부분의 평균직경은 33.2 mm, 최단직경의 평균은 29.9 mm, 최장직경의 평균은 48.2 mm, 표피두께는 2 mm로 조사되었다.

3. 결과 및 고찰

가. 삭피칼날의 적용시험

그림 10은 칼날홈간격과 삭피속도 변화에 따른 최대삭피저항을 나타낸 것이다. 칼날홈간격이 넓을수록 삭피속도가 빠를수록 최대삭피저항은 증가하는 것으로 나타났다. 이것은 칼날홈간격이 넓을수록 삭피깊이가 깊어지고 삭피단면적이 늘어나 삭피저항이 증가하였으며, 칼날면과 무의 절삭칩 및 절삭면과의 마찰은 동마찰로서 마찰저항은 삭피속도에 비례하기 때문인 것으로 생각된다. 삭피작업을 기계화할 때 삭피저항은 에너지소비가 매우 작아 고려의 대상에서 제외시켜도 무방하겠지만, 삭피속도는 삭피작업능률과 관련되므로 깨끗한 삭피가 이루어지는 한계에서 되도록 빠른 것을 고려하여야 한다. 시험조건 내에서 최적의 삭피속도는 0.2 m/s이었으

며, 삭피속도가 0.3 m/s 이상이 되면 칼날이 무 표면을 파고 들어갈 때 뒤는 현상이 있었다.

그림 11은 칼날홈간격과 삭피속도 변화에 따른 최대삭피깊이를 나타낸 것이다. 칼날홈간격이 넓어짐에 따라 최대삭피깊이는 깊어졌지만, 삭피속도의 영향은 거의 나타나지 않았다. 칼날홈간격이 각각 2 mm, 3 mm, 및 4 mm일 때 최대삭피깊이는 각각 0.65 mm, 1.3 mm 및 2.0 mm로 나타나, 삭피깊이는 칼날홈간격에 따라 조절할 수 있는 것으로 나타났다. 선행의 연구(민 등, 2004)에서는 알타리무 삭피방식에 따른 맛의 관능검사 결과, 알타리무로 김치를 담았을 때 표피를 완전히 제거한 것은 너무 물러 맛과 저장성이 떨어지며, 표피를 제거하지 않고 세척만 한 것은 감촉이 딱딱하고 거칠며 깊은 맛이 덜하였으나, 최대삭피깊이를 1.5 mm로 한 것은 씹는 감촉과 맛이 가장 좋았다고 보고하였다. 동 연구에서 조사된 바에 의하면 알타리무의 평균 표피두께는 2 mm이므로 최대삭피깊이가 1.5 mm는 표피표면만 삭피하는 것으로 볼 수 있으며, 그림 11의 결과를 참조하면 최대삭피깊이가 1.5 mm로 되는 칼날홈간격은 3.3 mm로 추정되었다.

삭피시 칼날의 자세를 나타내는 지표로서 칼날밑면과 삭피면이 이루는 여유각을 고속촬영과 관찰을 통하여 조사하였는데, 칼날이 무 표면을 파고들어가 삭피가 진행되는 동안의 여유각은 언제나 0°로 추정되었고, 그림 8의 칼날형상으로부터 칼날홈간격과 삭피깊이의 시험 값을 대입하여 계산한 결과와도 일치하였다. 이 결과는 칼날이 처음 무에 접촉하여 삭피방향으로 진행하는 때는 여유각이 정(+)의 각도로서 칼날이 뿌리부로 파고들며, 계속하여 삭피를 진행하면 여유각이 0°로 되어 일정한 깊이로 삭피가 이루어지는 것으로 해석된다. 따라서 삭피깊이는 칼날각과 칼날홈간격에 따라 여유각을 0°하여 계산이 가능한 것으로 판단되었다.

나. 삭피장치의 성능시험

1) 삭피가능한 뿌리표면기울기

삭피칼날은 자루가 스프링판으로 되어있고 칼날프레임의 중심 수평면을 기준으로 상하로 45°씩 움직일 수 있는 구조로 만들었기 때문에, 무의 머리부분에서 시작하여 꼬리부분으로 진행하면서 삭피작업을 할 때 칼날의 자세변화폭이 매우 크다. 삭피가능한 뿌리표면기울기는 머리부분에서 -65°, 꼬리부분에서 45°정도로 거의 모든 알타리무의 삭피가 가능하였다. 우리나라에서 생산되는 알타리무는 98%수준에서 최대직경이 70 mm 이하(평균 49 mm), 최대뿌리표면기울기가 45±10°(Min, etc, 2004)이기 때문에 모든 시험 대상재료의 머리부와 꼬리부의 삭피가 가능한 것으로 판단된다.

2) 완전삭피율

최대삭피깊이를 1.5 mm, 최소삭피깊이를 0.5 mm로 하여 무 직경별 뿌리부의 완전삭피가 가능한 이론적 무의 회전수와, 이 회전수로 무청을 잡고 돌리면서 삭피한 조건에서 완전삭피율을 조사한 결과는 표 1과 같다.

시험시기가 여름철이어서 무청이 빨리 시드는 경향이 있었으나, 알타리무의 무청이 견실한 것은 삭피 중에 삭피칼날의 압력이 있음에도 무청 1.25회전시 무의 1회전 삭피가 완료되었다. 그러나 뿌리부에 보조회전을 가하지 않는 경우는 뿌리부가 무받이에 접촉하여 마찰저항을 갖기 때문에 매 시점의 회전속도가 불균일하여 미삭피 부분이 발생하는 경우도 있었다. 뿌리부의 회전속도를 균일하게 하기 위하여 보조회전장치를 작동한 경우에는 직경 70 mm의 무를 제외하고는 모두 완전삭피가 되었다. 조사(민 등, 2004)에 의하면 우리나라에서 생산되는 알타리무의 직경이 70 mm이상인 경우는 2%정도이므로, 표 1의 작동조건으로 실제 삭피기계를 운전할 때 완전삭피율은 99.96%로 예상된다.

삭피장치의 삭피속도는 체인벨트에 76.2 mm간격으로 부

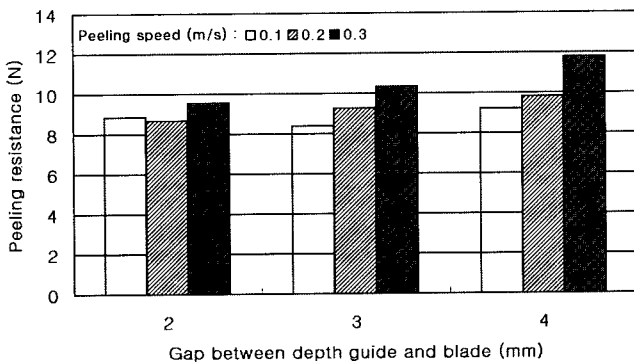


Fig. 10 Maximum peeling resistance.

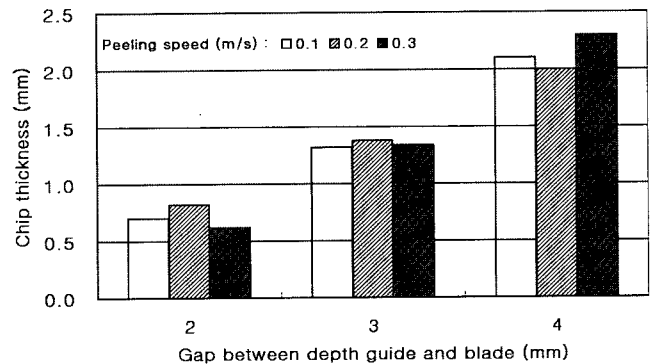


Fig. 11 Maximum peeling depth.

Table 1 Feasible operating conditions for perfect peeling in accordance with the root diameter and perfect peeling rates thereupon.

Max. root diameter (mm)	Number of peeling (time/rev.)	Number of leaf rev. (rpm)	Perfect peeling rate (%)	
			Auxiliary rotating device	
			None	Install
35	9.1	16.5	98	100
40	9.8	15.3	92	100
45	10.4	14.4	96	100
50	10.9	13.8	88	100
55	11.5	13.0	88	100
60	12.0	12.5	86	100
65	12.5	12.0	86	100
70	13.0	11.5	84	98

Table 2 Minimum peeling depth according to the diameters of roots.

Diameter (mm)	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
Depth, 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

작한 9개의 삭피칼날의 선속도를 0.19 m/s로 고정된 상태에서 최적의 속도(Min, etc, 2003)인데, 이것은 초당 2.5개의 칼날로 연속 삭피하는 속도로 환산된다.

3) 최적 무회전수와 삭피깊이

표 1에서 알 수 있는 바와 같이 무척의 회전수를 11.5 rpm로 고정하면 20~70 mm 직경의 무는 완전삭피가 가능하다. 그러나 실용전동기는 규격품을 사용해야 하므로 회전수를 12 rpm으로 설계해야 한다. 표 2는 무 회전수를 12 rpm으로 고정하고 최대삭피깊이를 1.5 mm로 할 경우 무의 직경에 따른 최소삭피깊이(t_2)를 계산한 것이다. 실제로 보조회전장치를 작동하면서 무회전수를 12 rpm으로 시험한 결과 직경이 작은 무는 과도하게 삭피 되었고, 직경이 65 mm의 무는 목표 최소삭피깊이인 0.5 mm를 삭피하였으며, 직경이 20~70 mm의 무는 모두 완전삭피가 이루어 졌다. 그러므로 최적 삭피속도를 0.19 m/s로 하였을 때 최적 무회전속도는 12 rpm으로 판단되었다.

4. 요약 및 결론

뿌리부의 모양이 다중곡선이고 머리부와 뿌리부의 급격한 곡선변화를 갖는 알타리무의 표피에 연하여 삭피가 가능한 회전칼날형 삭피장치 시작기를 제작하고 시험하였다. 이 장치에 적용할 칼날의 적용시험결과, 최대삭피깊이는 칼날홈간격이 넓어짐에 따라 깊어졌으나, 삭피속도의 영향은 거의 나타나지 않았다. 삭피중 여유각은 0°로 나타났으며, 최대삭피깊이는 칼날각과 칼날홈간격에 따라 여유각을 0°로 하여 계산이 가능

한 것으로 판단되었다. 시작기의 성능시험에서 최적작동조건으로 삭피속도는 초당 2.5개의 칼날을 연속으로 삭피하는 0.19 m/s이며, 최대삭피깊이는 1.5 mm, 최소삭피깊이는 0.5 mm 및 무척 회전속도는 12 rpm로 나타났다. 뿌리부의 회전속도를 균일하게 하는 보조회전장치를 부착하고 최적작동조건에서 삭피할 경우, 우리나라에서 생산되는 직경 70 mm 이하의 모든 알타리무는 완전삭피가 가능한 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. Min, Y. B., S. T. Kim, D. H. Kang and T. S. Chung, 2003. Determination of optimum cutter shape for peeling altari radish, KSAM. Journal of KSAM 28(5):421-428. (In Korean)
2. Min, Y. B., S. T. Kim, D. H. Kang, T. S. Chung and W. J. La, 2004. Development of the altari radish pre-processing system for kimch production(1)-Leaf and root tail cutting equipment, KSAM. Journal of Biosystems Engineering 29(5): 451-456. (In Korean)
3. Min, Y. B., S. T. Kim and D. H. Kang 2005. Development of the altari radish pre-processing system for kimch production (2)-Optimum cutter shape for plane peeling, KSAM. Journal of Biosystems Engineering 30(3):161-165. (In Korean)
4. Sverker Persson, 1987. Mechanics of cutting plant material. ASAE Monograph number 7. 244-247.
5. 민영봉, 김성태, 윤진하, 강창호, 우경택, 강동현, 정효석, 문성원, 박중용. 2004. 알타리무 전처리 가공시스템 개발. 농림부. 현장에 로기술개발 최종연구보고서.