

알타리무 삭피용 최적 칼날형상의 구명

Determination of Optimum Cutter Shape for Peeling Altari Radish

민영봉*	김성태*	강동현*
정회원	정회원	정회원
Y. B. Min	S. T. Kim	D. H. Kang

1. 서론

김치는 우리 나라 사람 누구나 즐겨 먹는 전통 음식이며, 세계적으로 널리 알려져 있는 우리 고유의 음식 중에 하나이다. 우리 나라에서 한해 생산되는 무는 1,759,357톤에 이르며(농림부, 2001), 한해 김치 생산량은 155만 톤으로 이중 김치가공공장 생산이 50만톤(33%)으로 그 비중이 매년 상승하는 추세이다. 또한 2001년 김치수출은 23,785톤으로 전년대비 1.5% 증가한 것으로 나타났다(김, 2002). 우리나라에서는 약 60여 개의 김치 가공공장에서 생산되는 알타리무김치의 비중은 약 8.5%로 이를 전체 무 생산량에 적용하면 알타리 김치는 한해 약 42,500톤이 생산되는 것으로 추정되며, 김치 가공을 대부분 인력에 의지하고 있다(민 등, 2001). 알타리무 김치 담그기 전까지의 전처리 가공 공정은 선별, 무껍질깎기(이하 삭피), 무청 다듬기, 세척으로 나뉘어진다. 전처리 기 개발에 있어 어려운 공정은 삭피이다. 알타리무 전처리 가공 기계화가 어려운 이유는 일반무와 형태상으로 크기가 작고, 다중 곡선의 외형, 형태의 불균일, 품종에 따른 형태의 다양성으로 인해 삭피작업을 기계로 대처하는 기술의 개발이 어려울 뿐 아니라 알타리무 김치의 특성상 무청을 남긴 상태에서 김치를 만들어야 하는데, 무청을 남긴 상태에서 무의 삭피공정의 기계화는 복잡하고 어렵기 때문이다. 현재까지 알타리무 기계가공에 대한 연구가 거의 전무한 상태이다.

따라서 본 연구에서는 알타리무 전처리 가공기계 개발에 있어 중요한 알타리무 삭피기에 적합한 칼날 형태를 결정짓기 위해 알타리무가 원주방향으로 회전 할 때와 길이방향으로 이동시킬 때 칼날각과 경사각을 조정하여 삭피저항을 구명하고, 두 실험을 통해 구명된 최적의 칼날조건에서 알타리무의 저장기간에 따라 칼날의 적용 가능성을 확인한다.

2. 재료 및 방법

가. 시험 재료

본 연구에 사용된 알타리무의 시료는 7월 중순부터 8월 말 사이에 수확된 알타리무를 구입하여 사용하였다. 각 삭피시험시 마다 2~5개를 임의 추출하여 측정된 알타리무의 치수는

* 경상대학교 농과대학 농업시스템공학부

평균길이는 94.3 mm이고, 머리부분의 평균직경은 33.2 mm, 최단직경의 평균은 29.9 mm, 최장직경의 평균은 48.2 mm로 조사되었다.

나. 시험 장치

1) 원주방향 삭피장치

알타리무가 원주방향으로 회전할 때 칼날각과 경사각의 변화에 따른 삭피저항을 구명하기 위하여 그림 1과 같이 삭피장치를 구성하였다. 선반의 회전으로 알타리무를 회전시키기 위하여 선반의 척과 심압대에 돌리개를 설치하여 알타리무를 고정시켜 척의 회전에 따라 알타리무가 회전 할 수 있도록 하였으며 공구대에 삭피칼날 및 삭피 저항측정용 시험장치를 부착하여 시험을 실시하였다.

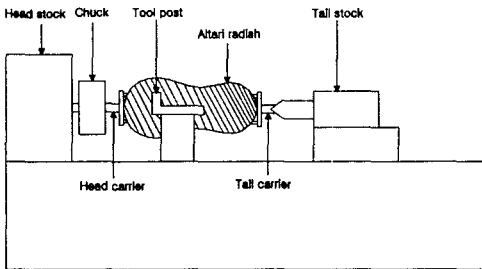


Fig. 1. Experimental apparatus for circumferential peeling.

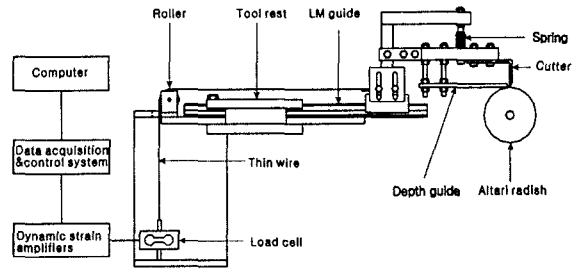


Fig. 2. Device for measuring the circumferential peeling force.

그림 2는 시험장치의 공구대에 연결된 삭피장치와 삭피저항 측정장치의 구성도를 나타낸 것이다. 칼날이 알타리무 껍질을 삭피 할 때의 저항을 측정하기 위하여 삭피장치가 자유로이 직선운동을 할 수 있도록 LM guide(이하 직선운동장치)에 설치하였다. 삭피장치의 칼날이 회전하는 알타리무의 곡면 형태에 따라 상하로 자유로이 움직일 수 있도록 칼날부착부 연결부를 힌지 형식으로 만들고, 중간부분에 압축스프링을 설치하였다. 알타리무를 삭피 할 때의 삭피저항을 측정하기 위하여 슬라이드와 수직력 측정용 로드셀을 직경 1.5 mm의 와이어로 연결하여 힘이 전달되게 하였다. 로드셀에 부착되어 있는 스트레인게이지의 출력신호

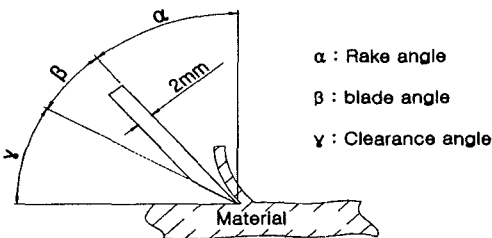


Fig. 3. Definition of the cutter angle.

를 증폭 및 여과하기 위하여 스트레인증폭기(DPM-700B, Kyowa co., Japan)를 이용하여 삭피저항 변화에 따른 스트레인 변화값을 출력하게 하였다. 출력된 신호는 데이터계측장치(System 10K7, Daytronic co., U.S.A)에 입력시켜 신호를 디지털값으로 변화시키고 RS232C케이블을 이용하여 컴퓨터로 입력 후 Quick Basic을 이용하여 데이터를 취득하였다.

그림 3은 칼날의 형태를 정의한 것이다. 칼날의 두께는 예비 시험을 통하여 선정된 2 mm의 철판을 이용하였다. 폭은 10 mm로 제작하였다.

2) 길이방향 삭피장치

그림 4는 알타리무의 길이방향 삭피 시 삭피저항 측정장치의 세부도를 나타낸 것이다. 본 장치는 그림 1의 원주방향 삭피장치의 프레임과 무 고정회전부로 사용한 선반 대신에 철

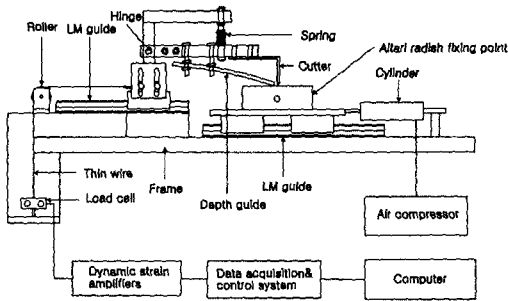


Fig. 4. device for measuring the longitudinal peeling force.

제 프레임으로 대신하고, 삭피장치부와 무 직선이송장치부를 철제 프레임에 설치한 것이다. 삭피장치와 삭피저항 측정 장치는 그림 2와 동일한 구조와 원리를 이용하였고, 알타리무 직선이송장치부는 직선운동장치상에 알타리무 고정부를 설치하고, 알타리무 고정부의 프레임을 공압실린더와 연결하여 구성하였다. 알타리무가 직선방향으로 이송할 때 알타리무의 상부에 설치한 삭피칼날에 의해 길이방향 삭피가 이루어지는 구조이다. 알타리무의 삭피속도의 조절은 공압실린더의 공기압 조절에 의하였다.

다. 시험 방법

1) 원주방향 삭피시험

알타리무의 회전속도를 저속(60 rpm), 중속(115 rpm), 고속(170 rpm)의 세 단계로 분류하여 시험을 실시하였다. 각 단계의 회전에 대해 각각 칼날각 10°일 경우에는 경사각이 45°, 50°, 55°, 60°, 65°, 70°의 6가지로 구분하였고, 20°일 경우에는 45°, 50°, 55°, 60°, 65°의 5단계로 구분하였고, 그리고 30°일 경우에는 45°, 50°, 55°로써 3단계로 구분하여 시험을 실시하였다. 삭피 깊이는 껍질부의 평균 두께인 2 mm로 설정하였고, 각 시험은 5회씩 반복하여 실시하였다.

2) 길이방향 삭피시험

알타리무를 길이방향으로 직선삭피 시 삭피속도를 0.1 ㎥, 0.15 ㎥, 0.2 ㎥ 일 때 경사각과 칼날각은 원주방향 삭피시험과 같은 조건으로 시험을 실시하였다. 삭피 깊이는 2 mm로 설정하였고, 각 시험은 5회씩 반복 시험을 실시하였다.

3) 저장기간에 따른 삭피시험

저장기간에 따른 삭피시험시 사용한 칼날의 형태는 원주방향 삭피시험의 결과에서 얻어진 최적의 칼날 조건에서 2002년 8월 19일 경매된 알타리무를 오전에 구매하여 당일부터 매일 오후 1시에 시험을 실시하였다. 또한 길이방향 삭피저항 시험의 결과에서 최적의 칼날 조건에서 2002년 8월 26일 구매한 알타리무를 이용하여 무청이 상하기 시작하는 수확 후까지 4일 동안 시험을 실시하였다. 각 시험은 동일 조건에서 20번씩 반복 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 원주방향 삭피시험

그림 5는 알타리무의 원주방향 삭피시 적용한 칼날각과 경사각의 변화에 따른 삭피저항의 변화를 각 회전수에 따라서 평균값으로 나타낸 그림이다. 회전속도가 증가함에 따라 삭피저항은 감소하는 것으로 나타났다. 칼날각이 10°의 경우 회전속도가 60 rpm이고 경사각이 60°일 때 12.3 N으로 가장 낮은 것으로 나타났고, 회전속도가 115 rpm이고 경사각이 55°일 때 11.8 N으로 가장 낮은 삭피저항을 보였으며, 회전속도가 170 rpm이고 경사각이 55°일 때 삭피저항이 11.3 N으로 가장 낮은 것으로 나타났다. 이때 최소 삭피저항을 보인 경우의 경사각을 벗어나면 삭피저항이 증가하는 것으로 나타났다. 따라서 회전속도가 170 rpm, 칼날각이 10°, 경사각이 55°일 때의 칼날이 최적일 것으로 판단된다.

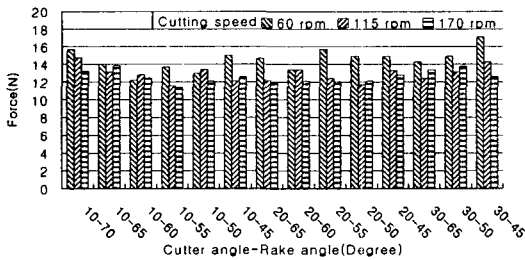


Fig. 5 Average peak peeling forces of the circumferential peeling according to the blade angle(β) and the rake angle(α).

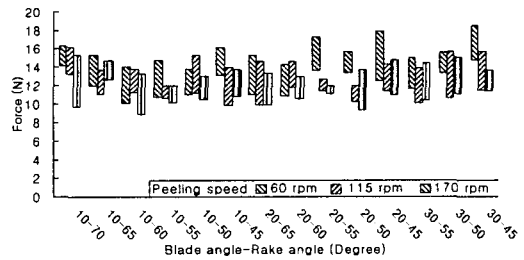


Fig. 6. Peak peeling force ranges for the circumferential peeling according to the blade angle(β) and the rake angle(α).

그림 6은 알타리무의 원주방향 삭피시 적용한 칼날각과 경사각의 변화에 따른 최대 삭피저항의 범위를 각 회전수에 따라서 나타낸 것이다. 시험을 실시한 대부분의 경우에서 삭피저항의 변화 폭은 5 N 이내인 것으로 나타났다. 칼날각이 10°일 경우는 경사각이 55°를 기점으로 이를 벗어나면 삭피저항이 커질 뿐 아니라 변화 폭 또한 넓어지는 것으로 나타났다.

나. 길이방향 삭피시험

그림 7은 알타리무의 길이방향 삭피시 적용한 칼날각과 경사각의 변화에 따른 삭피저항의 변화를 삭피속도에 따라서 평균값으로 나타낸 것이다. 삭피속도에 따른 삭피저항의 변화는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 칼날각이 10°의 경우 삭피속도가 0.1 m/s이고 경사각이 50°일 때 13.1 N으로 가장 낮은 것으로 나타났고, 삭피속도가 0.15 m/s이고 경사각이 55°일 때 11.9 N으로 가장 낮은 삭피저항을 보였으며, 회전속도가 0.2 m/s 이고 경사각이 55°일 때 삭피저항이 13 N으로 가장 낮은 것으로 나타났다. 이때 최소 삭피저항을 보인 경우의 경사각을 벗어나면 원주방향 삭피시험과 같이 삭피저항이 증가하는 것으로 나타났다. 칼날각이 20°의 경우와 칼날각이 30°일 경우는 칼날각 10°일 때와 비슷한 경향을 보였다. 따라서 최적

조건은 삭피속도는 0.15 m/s, 칼날각이 10°, 경사각이 55°일 때 인 것으로 판단된다.

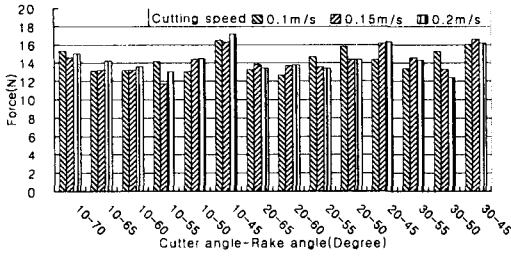


Fig. 7 Average peak peeling forces of the longitudinal peeling according to the blade angle(β) and the rake angle(α).

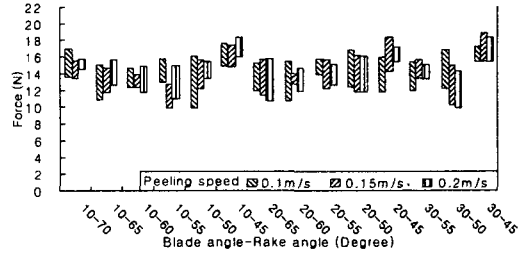


Fig. 8. Peak peeling force ranges of the longitudinal peeling according to the blade angle(β) and the rake angle(α).

그림 8은 알타리무의 길이방향 삭피시 적용한 칼날각과 경사각의 변화에 따른 최대 삭피 저항의 범위를 각 회전수에 따라서 나타낸 것이다. 시험을 실시한 결과 대부분의 경우에서 삭피저항의 변화 폭은 4 N이내인 것으로 나타났다. 칼날각이 10°일 경우는 원주방향 삭피시 힘과 달리 경사각이 큰 경우는 삭피저항의 변화는 그리 크지 않으나 경사각이 55°미만의 경우는 약간씩 변화 폭이 커짐을 알 수 있다.

다. 저장기간에 따른 삭피저항

그림 9는 저장기간에 따라 삭피저항의 평균을 나타낸 그래프이다. 알타리무가 원주방향으로 회전할 때 삭피저항을 측정한 시험에서 가장 적당한 조건은 회전속도는 170 rpm, 칼날각이 10°, 경사각이 55°일 때로 나타났다. 따라서 위의 조건에서 저장기간에 따른 원주방향의 삭피저항 시험을 실시하였다. 8월 19일에는 12.5 N의 힘이 필요하였고, 저장기간이 길어질수록 무피가 건조되어 조직이 상하기 때문에 무피의 삭피저항이 약간씩 높아지다가 마지막 날인 8월 22일의 삭피저항은 약 15.8 N까지 증가하는 것으로 나타났다. 따라서 무청이 상하기 시작하는 때인 수확 후 약 4일 동안은 칼날의 적용이 가능할 것으로 판단된다.

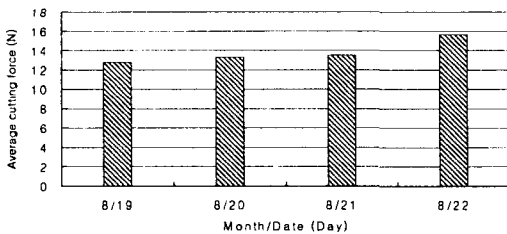


Fig. 9. The averages of the peak peeling force from circumferential peeling test.

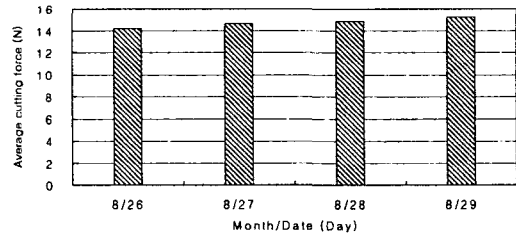


Fig. 10. The averages of the peak peeling force from longitudinal peeling test.

그림 10은 저장기간에 따른 최대삭피저항의 평균을 나타낸 것이다. 알타리무가 직선방향으로 이동할 때 삭피저항을 측정한 결과, 가장 적당한 조건은 삭피속도는 0.15 %, 칼날각은 10°, 경사각은 55°일 때 인 것으로 나타났다. 따라서 위의 조건에서 저장기간에 따른 길이방향의 삭피저항 시험을 실시하였다. 시험 첫날인 8월 26일에는 약 14 N의 삭피저항이 필요하였고, 저장기간이 길어질수록 무피가 건조되어 가기 때문에 삭피저항이 약간씩 증가하여 시험 마지막 날인 8월 29일에는 약 15.2 N가량의 삭피저항이 측정되었다. 따라서 본 시험 결과는 무청의 신선도가 유지되는 한계인 수확 후 약 4일간은 적용이 가능할 것으로 판단된다.

4. 요약 및 결론

알타리무 전처리 가공시스템 자동화에 있어서 중요한 삭피작업의 기계화를 위한 삭피칼날의 최적형태를 구명하기 위하여 알타리무 원주방향과 길이방향 삭피저항의 측정시험을 실시하고, 최적칼날 조건에서 알타리무의 저장기간에 따른 칼날의 적용여부를 시험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 가. 원주방향 삭피시험에서 삭피저항은 회전속도가 증가함에 따라 약간 감소하였고, 칼날각이 작을수록 감소하였으며, 경사각 55°에서 최저값이 나타났다.
- 나. 원주방향 삭피시험에서 가장 적당한 조건은 회전속도 170 rpm, 칼날각이 10°, 경사각 55°일 때이었으며, 이때의 평균 삭피저항은 11.3 N 정도로 나타났다.
- 다. 길이방향 삭피시험에서 삭피저항은 알타리무의 이송속도에 따라 다르게 나타났고, 칼날각, 경사각의 변화에 따른 삭피저항의 변화는 원주방향 삭피시험과 비슷한 경향이였다.
- 라. 길이방향 삭피 시험에서 삭피저항이 가장 작았던 경우는 삭피속도는 0.15 %, 칼날각이 10°, 경사각 55°일 때이었으며, 이때의 평균 삭피저항은 약 11.9 N 정도로 나타났다.
- 마. 저장기간에 따른 원주방향과 길이방향의 알타리무 삭피시험에서는 저장기간이 길어질수록 삭피저항이 약간씩 증가하는 것으로 나타났고, 알타리무의 김치 담금이 가능한 신선도 유지 기간은 수확 후 4일로 나타났고, 이 기간동안에는 칼날에 의한 삭피작업은 문제가 없는 것으로 판단된다.

5. 참고문헌

1. 김영일. 2002. 2001년 김치 생산실태 및 수출동향. 농수산물유통공사.
http://www.afmc.co.kr - 김치 자료실.
2. 김영일. 2002. 2001년 김치 국내동향 . 농수산물유통공사.
Internet site : http://www.afmc.co.kr - 김치 자료실.
3. 농림부. 2001. 무의 전국 재배현황. 농림통계연보.
4. 민영봉, 김성태, 유준현, 강창호, 김명승, 정효석, 강동현. 2001. 알타리무 전처리 가공시스템 개발. 농림기술연구 개발 과제 연차보고서.