

김치생산용 알타리무 전처리 가공시스템 개발(3)

- 삭피 장치 -

Development of the Altri Radish Pre-Processing System for Kimch Production (3)

- Peeling equipment -

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

1. 서론

알타리무는 뿌리부의 형상이 다중곡선의 형태이고, 알타리 김치는 무청을 붙인 채로 담그기 때문에 뿌리부의 표피를 삭피하는 기계의 개발은 시행착오를 거치게 마련이다. 삭피작업의 기계화에 요구되는 기능은 뿌리부를 돌리면서 다양한 곡선의 표면에 연하여 칼로 표피를 깎아내는 것이다. 선행연구(민영봉 등, 2004)에서 삭피기계에 적용하기 위한 기초연구로서 칼날벨트형, 브러쉬형 및 선회칼날형의 삭피장치를 고안제작하여 시험한 바 선회칼날형에 의한 기계삭피가 삭피 면이 가장 깨끗하고 기계제작의 용이성 우수한 것으로 나타났다. 본 연구의 목적은 삭피장치의 최적 구조와 작동조건을 구명하는 데 있으며, 연구보고의 내용은 선회칼날형 삭피장치를 개선하여 실용화 가능한 삭피장치를 고안 제작하고 시험한 결과로 한정하였다.

2. 재료 및 방법

가. 시작기

알타리무 전처리 가공기계의 작업공정과 전체구성에 대하여는 제1보(민영봉 등, 2004)에서 보고한 바 있는데, 전처리 가공기계의 구성요소로서 고안제작한 삭피장치는 그림 1, 2와 같다. 그림 1은 스프링판을 자루로 한 9개의 삭피칼날을 갖는 선회칼날형 삭피장치(E)와 칼날돌기형 보조회전원반(직경 50mm, 폭 7mm, 칼날돌기두께 1mm, 돌기높이 3mm, 돌기개수 16개)이 무의 표면에 접촉하여 무를 회전시키는 보조회전장치(F)이며, 그림 2는 무청을 잡고 돌리는 무 회전장치(D)의 구조를 나타낸 것이다. 그림 3은 삭피칼날부의 구조를 나타낸 것으로 선회하는 어태치먼트 체인에 ㄱ자형 스프링판(폭 8mm, 0.6t)을 고정하고 스프링판의 끝에 삭피칼날을 부착하였다. 삭피칼날은 양 끝에 돌기부가 있고, 이 돌기부가 칼자루

* 경상대학교 농업생명과학대학 생물산업기계공학전공

에 힌지되게 하여 칼날이 칼자루 중심선에서 90°(상하 45°)로 움직일 수 있도록 하였다. 그림 4는 삭피칼날에 의한 곡면의 삭피원리를 나타낸 것으로 무 뿌리부의 중심선을 기준으로 하여 표피의 종단면 곡선의 기울기(이하 뿌리표면기울기)가 45°, 뿌리부 최대직경 80mm까지 삭피가 가능하도록 장치를 구성하였다. 알타리무 가공기계가 작동되면 무반이(10)에 탑재된 무(4)가 제 1어태치먼트체인(3)에 의해 이송되어 무 회전장치(D)의 무칭홀더(73)(74) 중앙 영역으로 위치되면, 그 이송이 일시 정지되고, 공압조작 및 브레이크 감속모터에 의해 무칭홀더가 무칭을 잡고 약 1.25회전하게 된다. 이때, 무칭홀더(73)(74)의 회전과 동시에 무삭피장치(E)가 동작되고, 무(4)가 1회전될 때 삭피가 완료된다.

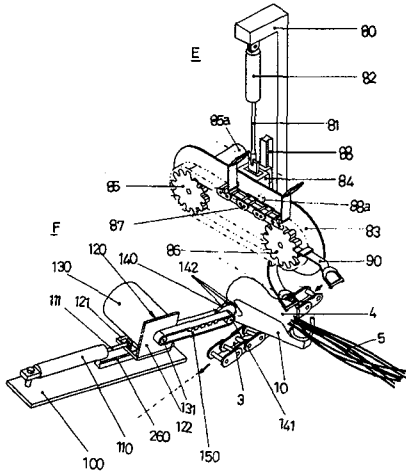


그림 1. 삭피장치 구조도

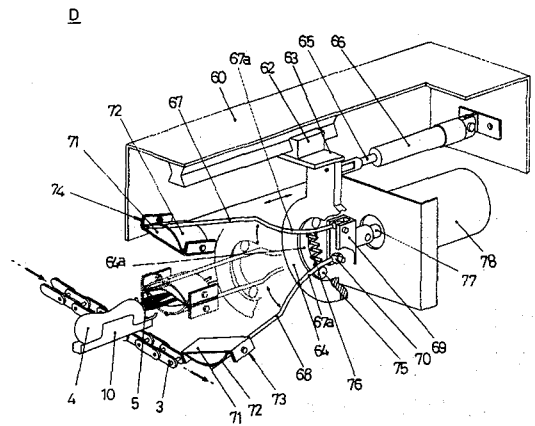


그림 2. 무 회전장치 구조도

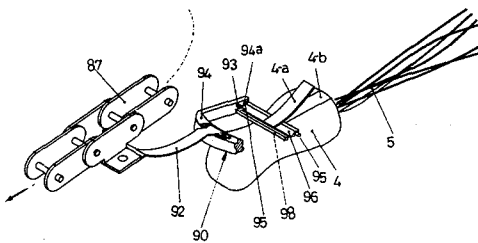


그림 3. 삭피칼날부 구조도

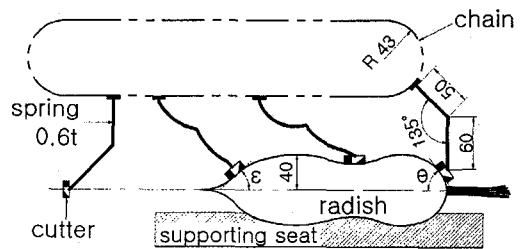


그림 4. 곡면의 삭피원리

나. 시험 방법

선행연구에서 평면형 삭피용 칼날의 최적 형상을 구명한 바, 칼날각 20°, 경사각 60°에 서의 삭피속도는 0.2m/로 나타났다. 이를 근거로 본 시작기에 적용한 칼날은 그림 5와 같다. 시작기 성능시험은 체인벨트에 76.2mm간격으로 부착한 9개의 삭피칼날의 선속도를 0.19m/s

로 고정한 상태에서 실시하였다. 최대삭피깊이가 1.5mm로 되는 표준삭피칼날을 적용하여, 먼저 삭피가능한 뿌리표면기울기를 조사하고, 무 청회전속도 변화와 보조회전원반의 작동유무에 따른 완전삭피율을 조사하였다. 완전삭피율은 전체 삭피시험한 개수에 대한 몸통부가 완전삭피된 개수의 비로 계산하였다.

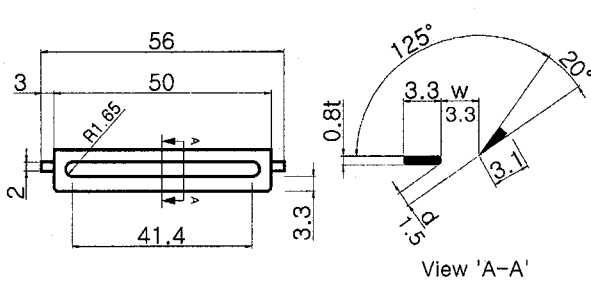


그림 5. 삭피칼날의 상세도

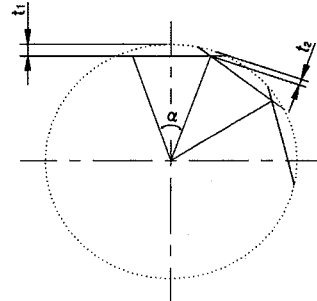


그림 6. 삭피된 뿌리단면.

그림 5의 칼날홈간격 w 를 변화시키는 장치를 이용하여 완전삭피가 이루어지는 작동조건에서 칼날홈간격에 따른 최대삭피깊이를 조사하였다. 모든 회전장치의 동력모터는 인버터를 이용하여 회전속도를 조절하였다.

알타리무의 시료는 7월 중순부터 8월 말 사이에 수확된 알타리무를 구입하여 사용하였다. 알타리무의 뿌리부 평균길이는 94.3mm이고, 머리부분의 평균직경은 33.2mm, 최단직경의 평균은 29.9mm, 최장직경의 평균은 48.2mm, 표피두께는 2mm로 조사되었다.

3. 결과 및 고찰

가. 삭피가능한 뿌리표면기울기

삭피칼날은 자루가 스프링판으로 되어있고 칼날프레임의 중심 수평면을 기준으로 상하 45°로 움직일 수 있는 구조로 만들었기 때문에, 무 뿌리의 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 70mm이하(평균 49mm), 최대 뿌리표면기울기가 45°±10°(민영봉 등, 2004)이기 때문에 모든 시험대상재료의 머리부와 꼬리부의 삭피가 가능하였다.

나. 완전삭피율

그림 6은 평면형 삭피후의 뿌리부단면에서 최대절삭깊이 t_1 과 최소절삭깊이 t_2 를 나타낸 것이다. 최대절삭깊이를 1.5mm, 최소절삭깊이를 0.5mm로 하여 무 직경별 뿌리부의 완전삭피가 가능한 이론적 무회전수와 이론적 무회전수로 무청을 잡고 돌리면서 삭피시 완전삭피율을 조사한 결과는 표 1과 같다.

표 1. 무직경별 완전삭피가 가능한 작동조건과 완전삭피율

뿌리 최대 직경(mm)	삭피횟수 (회/1회전)	무칭회전수 (RPM)	완전삭피율(%)	
			뿌리부 보조회전	
			무	유
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

시험시기가 여름철이라서 알타리무의 무칭이 견실한 것으로 삭피중에 삭피칼날의 누름압력이 있음에도 무칭 1.25회전시 1회전 삭피가 완료될 수 있었다. 그러나 뿌리부 보조회전을 가하지 않는 경우는 뿌리부가 무 받이에 접촉하여 마찰저항을 갖기 때문에 매 시점의 회전속도가 불균일하여 미삭피 부분이 발생하는 것으로 나타났다. 뿌리부의 회전속도를 균일하게 하기 위하여 보조회전장치를 작동한 경우에는 직경 70mm를 제외하고는 100% 완전삭피가 되었다. 우리나라에서 생산되는 알타리무의 직경이 70mm이상인 경우는 2%정도이므로 표 1의 작동조건으로 실제 삭피기계를 운전시 완전삭피율은 99.96%로 예상된다.

다. 삭피깊이

표 1에서 알 수 있는 바와 같이 무칭의 회전수를 11.5rpm로 고정하면 모든 직경의 무가 완전삭피가 가능하다. 그러나 실제 적용모터는 규격품을 사용해야 하므로 12 rpm을 설계에 적용시켜야 한다. 표 2는 무 회전수를 12 rpm으로 고정하고 최대삭피깊이를 1.5mm로 할 경우 무의 직경에 따른 최소삭피깊이 t_2 를 계산한 것이다. 실제로 무회전수를 12rpm으로 시험한 결과 직경이 작은 무는 과도하게 삭피가 되며, 직경이 65mm의 무는 목표 최소삭피깊이인 0.5mm를 삭피하며, 직경이 70mm이하의 무는 100% 완전삭피가 이루어 졌다.

표 2. 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

그림 6의 칼날홈간격을 2mm, 3mm, 및 4mm로 조정하여 삭피한 경우 최대삭피깊이는 각각 0.65mm, 1.3mm 및 2.0mm로 나타나 삭피깊이는 칼날홈간격에 따라 조절할 수 있는 것으로 나타났다. 칼날밀면과 삭피면이 이루는 여유각은 조사된 최대삭피깊이와 그림 5의 칼날형상으로부터 계산한 결과 0°로 계산되었는데, 고속촬영에 의한 분석결과와 일치하였다. 이 결과는 칼날이 처음 무에 접촉하여 삭피방향으로 진행하는 때는 여유각이 정의 각도(+

값)로서 칼날이 뿌리부로 파고들며, 계속하여 삭피를 진행하면 여유각이 0°로 되어 일정한 깊이로 삭피가 이루어지는 것으로 해석된다.

3. 결론

뿌리부의 모양이 다중곡선이고 머리부와 뿌리부의 급격한 곡선변화를 갖는 알타리무의 표피에 연하여 삭피가 가능한 선회칼날형 삭피장치를 최적으로 고안 제작하고 시험하였다. 최적 작동조건을 조사한 결과 삭피칼날은 초당 2.5개의 칼날을 연속으로 삭피하면서 선속도 0.19m/s 이며, 최대삭피깊이는 1.5mm로 적용하고, 무 회전속도는 12rpm이 최적이었다. 최적 작동조건으로 삭피시 우리나라에서 생산되는 직경70mm이하의 모든 알타리무는 완전삭피가 가능하였다.

5. 참고문헌

1. 민영봉, 김성태, 강동현, 정태상. 2003.10. 알타리무 삭피용 최적 칼날형상의 구명, 한국농업기계학회지 28(5):421-428.
2. 민영봉, 김성태외 8인. 2004. 8.19. 알타리무 전처리 가공시스템 개발. 농림부 농림기술관리센터 지원, 현장애로기술개발 최종연구보고서, pp. 177.
4. 민영봉, 김성태, 강동현, 정태상, 나우정. 2004. 10. 김치생산용 알타리무 전처리 가공시스템 개발(1) - 무청·뿌리끝부 절단장치 -, 한국농업기계학회 바이오시스템공학 29(5):451-456.