

밤 박피 시스템 개발⁺

Development of Chestnut Peeling System

김종훈*	박재복*	최창현**
정회원	정회원	정회원
J. H. Kim	J. B. Park	C. H. Choi

1. 서론

국내 밤의 품질은 세계적으로 제일 우수한 것으로 인정받고 있으나 생밤의 수확저장 후 가공분야에 관한 연구가 체계적으로 수행되지 않았으며, 특히 밤의 국내외 소비확대를 위한 생밤 껍질의 박피 가공기술에 관하여 산업계에 실용화될 수 있는 가공기술이 전혀 개발되지 않아 밤의 국내 수요 개척과 해외 수출증대에 큰 장애요인이 되고 있다.

국내 밤 생산량은 70년대 년평균 만 2천톤을 생산하기 시작하여, 80년대 접어들어 년평균 6만 5천톤으로 생산량이 대폭 증가되었으며, 90년대에는 8만톤 이상의 생산량을 나타내고 있다. 1996년도의 생산량은 108,346톤으로 1995년 대비 15.7%가 증가하였고, 중국에 이어 세계 제 2의 밤 생산국이다. 밤 수출액은 1971년 이래 꾸준히 증가하였으며, 1996년도에는 29,450톤을 수출하여 수출액이 1억 1천 2백만 달러를 달성하는 높은 실적을 나타냈다. 국내 밤 수출량의 99%가 일본으로 수출되고 있으며, 수출형태로는 생을, 간밤, 통조림 등이 있으나 92%이상을 간밤 형태로 수출하고 있다.

현재까지 밤 박피방법은 밤의 껍질을 약화시키는 화학적인 처리방법(서 1974), 밤껍질의 연소방법(이 1975), 원심력과 절단 칼날을 이용한 밤껍질 절단방법 등이 연구되었고, 일부 시작품 기계가 개발되었으나 실제로 밤 박피 가공공장에 전혀 이용되지 못하고 있는 실정으로, 현재 밤 박피 공정은 낱알의 밤을 일일이 칼로 깎아내는 수작업으로 이루어지고 있다. 이와같이 밤 박피 작업이 완전 수작업에 의존하고 있어, 가공비용이 증가하고 작업능률이 저조할 뿐아니라 박피 손실이 많은 문제점 등이 발생하고 있다. 또한 밤을 원료로 하는 가공제품은 매우 다양하나 밤 박피작업의 어려움으로 인하여 밤 가공제품들이 산업화되지 못하고 있다. 그러므로 국내산 밤 박피공정의 기계화가 이루어진다면 일본의 수출은 물론 유럽지역까지 수출이 확대될 수 있으며, 국내산 밤을 이용한 새로운 가공제품의 개발도 활발히 이루어 질 것이다. 본 연구의 목적은 국내산 밤의 손실을 최소화하고 대량의 밤을 자동적으로 박피할 수 있는 박피 기계에 관한 연구를 수행하여, 산업화가 가능한 밤 박피 시스템을 개발하는데 있다.

+ 본 연구는 산림청 임업기술개발사업 연구비 지원에 의하여 수행되었음.

* 한국식품개발연구원

** 성균관대학교 생명자원과학대학 생물기전공학과

2. 재료 및 방법

가. 밤 박피 시스템 시작기 설계 및 제작

본 연구에서 개발한 박피 시스템은 크게 밤 외피 절단 장치, 화염식 박피 장치와 연속 마찰식 내외피 제거 장치로 구성된 화염 박피 시스템과 절단 칼날식 먼치 장치로 구성되어 있다.

1) 밤 외피 절단 장치

밤 외피 절단 장치 시작품은 과육부분의 손상없이 외피부분에 칼집을 내어 밤 박피작업의 효율성을 높이기 위하여 설계되었다. 외피 절단 장치 시작품은 구동 VS모터(3hp), 원료 투입구, 원료 이송 스크류 콘베어, 스크류 콘베어 구동변속모터($\frac{1}{2}$ hp), 원통형 절단칼날 조합, 2개의 원통형 절단칼날 고정롤러, 2개의 아이들 롤러조합 등으로 구성되어 있다.

절단작업의 원리를 보면, 원료 투입구로 공급된 밤 원료는 2개의 절단 칼날 고정롤러와 2개의 아이들 롤러로 만들어지는 공간에 설치된 이송스크류로 수평으로 이송되면서, 고속 회전하는 원통형 절단칼날에 밤 외피가 절단되어 작은 조각으로 분리된다. 이때 밤의 내부 과육에는 손상을 주지 않게 설계되었다.

2) 화염 박피 시스템

화염 박피 시스템은 밤 원료를 이송 및 공급하는 이송 공급장치와 이송 공급 장치로부터 공급된 밤에 화염을 분사하여 밤의 내외피를 연소시키는 화염 박피 장치 및 화염 박피 장치에서 내외피가 연소된 밤의 내외피를 마찰력을 이용하여 제거하여 주는 연속 마찰식 내외피 제거 장치로 구성하였다.

가) 화염 박피 장치

화염 박피 장치는 밤이 일정한 속도로 연소실을 통과함으로써 밤의 내외피를 연소시켜 주는 장치로 주요 구조를 보면 밤 원료 진동 공급기, 원료 투입흡퍼, 단열 처리된 4각형의 연소실, 원통형 회전 연소장치, 구동 변속모터, 온도센서, LPG 연소기, 가스 투입량 조절기, 프레임 등으로 구성되어 있다. 그리고 밤 원료의 연소속도를 미세하게 조절할 수 있는 구동모터 속도제어 인버터 시스템이 설치되었다.

화염 박피 장치의 작동원리를 보면, 진동 공급기로 일정하게 공급된 밤 원료는 경사지게 설치되어 있는 원통형 회전 연소장치로 공급된다. 이 장치의 내부에는 나선형 스크류 콘베이어가 부착되어 있어, 연소장치의 회전속도에 따라 연소장치의 통과시간을 일정하게 조절할 수 있다. 그리고 원통형 연소장치는 LPG 연소열원을 외부와 단열시키고 자체의 연소열 에너지를 일정하게 유지해 주는 4각형의 연소열 단열장치로 둘러 쌓여 있다. 연소실에는 열전대 온도센서(K형)를 장착하여 연소온도를 측정하였다. 밤 원료가 고온의 연소장치 내부를 통과할 때 밤 외피와 내피가 순간적으로 연소되어 배출되면 곧 바로 마찰식 밤 내외피 제거장치를 통과시켜 밤 내외피를 제거한다. 이 과정에서 박피된 밤의 과육이 1~2 mm 정도 익는 현상이 발생한다.

나) 연속 마찰식 내외피 제거 장치

연속 마찰식 밤 내외피 제거기 시작품은 화염 박피 장치를 통과하여 내외피가 연소된 밤의 내외피를 제거하고자 제작되었으며, 직경 10mm의 철봉과 직경 50mm의 실리콘 봉으로 이루어진 원통형 실린더, 구동VS모터(3hp), 원료 투입 및 배출구, 실리콘 마찰판이 부착된 회전 이송장치 등으로 구성되어 있다.

연속 마찰식 내외피 제거 장치는 화염 박피 장치에서 내외피가 연소된 밤을 연속적으로 회전하는 마찰판에 의하여 수평방향으로 이송되면서, 1차적으로 다수의 내열봉으로 이루어진 원통형 실린더에서 연소된 외피를 제거한 후, 2차적으로 실리콘 마찰봉으로 구성된 원통형 실린더에서 내피가 제거되도록 설계하였다.

3) 절단 칼날식 면치 장치

절단 칼날식 면치 장치는 화염 박피 시스템에서 박피되어진 밤을 최종 마무리하기 위한 장치로서, 화염 박피시 열에의하여 1~2mm 정도 익은 부분을 제거하고, 기존의 수작업 박피 밤 형태인 8각형의 면치 밤 형태를 만들도록 설계되었다.

절단 칼날식 면치 장치의 작동원리를 보면, 화염 박피 시스템에서 박피되어진 밤을 6개의 절단칼날 조합과 회전시 벽면의 마찰력을 유지하면서 밤의 손상을 줄이기 위하여 설치된 솔형태의 라버로 이루어진 작업공간에 투입하여, 절단칼날 조합이 고속으로 회전하면서 투입된 밤을 얇은 두께로 깎아내어 면치작업을 수행하도록 되어있다. 그밖에 절단 칼날식 면치 장치에는 밤 면치 작업시에 일정온도의 물을 분사하여주는 물 분사장치, 절단칼날 조합의 회전시기는 구동모터와 구동모터의 속도를 제어하는 제어장치 등이 있다.

나. 공시재료

개발된 밤 박피기 시작품의 성능평가를 위하여 사용된 시료는 충남 공주시 임업협동조합 수확지에서 수확한 추파 품종의 중율로서 생울을 육안과 비중선별을 통하여 상처과, 해충과, 비정상과를 제거하고 정상과를 본 실험의 재료로 사용하였다. 비중선별은 시료채취의 균일화를 위하여 수행되었으며, 비중 1.02(Be')의 염수중에서 가라앉는 생울을 채취하여 수도물에서 염을 깨끗이 제거한 후 온도 $1 \pm 2^{\circ}\text{C}$, 상대습도 80%의 저온저장고에 저장하여 사용하였다.

다. 실험방법

밤 박피기 시작품의 성능평가는 전처리 공정으로서 건조처리별 박피효율과 밤 외피 절단 실험을 수행하였으며, 건조 처리된 밤 시료를 이용하여 내외피 연소처리 실험 및 연속마찰식 내외피 제거실험을 수행하였다. 본 실험에서는 공시재료인 50개의 밤을 처리구별 2회반복 수행하였으며, 박피율과 화염박피 후에 발생하는 밤의 열침투 깊이를 평가 기준으로 사용하였다.

박피율은 박피공정 후 완전히 박피된 밤과 박피되지 않은 밤의 비율로 나타내었고, 박피 공정 중 깨진 밤, 상처 입은 밤 및 내피의 일부분이 남아 있는 밤은 박피되지 않은 밤으로

포함시켜 박피율을 계산하였다. 열침투 깊이는 화염박피공정 후에 열이 밤 과육에 투한 깊이를 측정하여 나타내었다. 열침투 깊이는 열침투가 깊어지면 밤의 가공특성이 나빠지고, 생울로 유통시에는 열침투 부분을 제거하여야 하므로 손실율과 밀접한 관계를 가지고 있어 박피조건을 결정시 중요한 평가 기준이다. 본 연구에서는 생울 박피가공시 손실율을 고려하여 열침투 깊이를 2mm 이내로 제한하여 적정 박피가공조건을 결정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 건조처리별 박피특성

건조처리별 박피특성 실험에서는 건조온도 50, 60, 70, 80, 90℃와 건조시간 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80분의 처리구별 박피효율과 밤의 열침투 정도를 측정하였다. 이때 기타 박피공정은 연소온도 720℃, 연소시간 20초 및 연속마찰식 내외피 제거기의 회전속도를 160rpm로 하였다. 건조처리시 국내밤의 이화학적 특성과 물리적 특성을 조사하여 본 결과 실험에 사용된 처리구에서는 밤의 이화학적 성분의 변화가 없는 것으로 나타났으며, 밤 외피의 경도(hardness)는 원료밤의 2149g/mm²에서 건조온도 70℃, 건조시간 10분일 때 2016g/mm², 30분일 때 1360g/mm²로 건조처리시 밤외피의 경도는 현저히 떨어지는 것으로 나타났다.

실험결과 건조처리별 박피율은 그림 1에 나타내었으며, 건조온도 60℃의 경우 건조시간 20분에서 49%, 40분에서 73%, 60분에서 80%로 나타났으며, 건조시간 40분의 경우 건조온도 50℃에서는 61%, 60℃에서는 73%, 70℃에서는 76%로 나타났다. 이는 건조온도와 건조시간이 증가함에 따라 밤의 외피 경도가 감소하여 밤의 박피율이 증가하는 경향을 알 수 있으나, 건조시간이 길어지면 밤 외피뿐만 아니라 과육에도 건조현상이 일어나 화염박피후 열침투 깊이가 4mm를 넘으면 박피된 밤이 갈라져 깨짐으로서 오히려 박피율은 감소됨을 알 수 있었다.

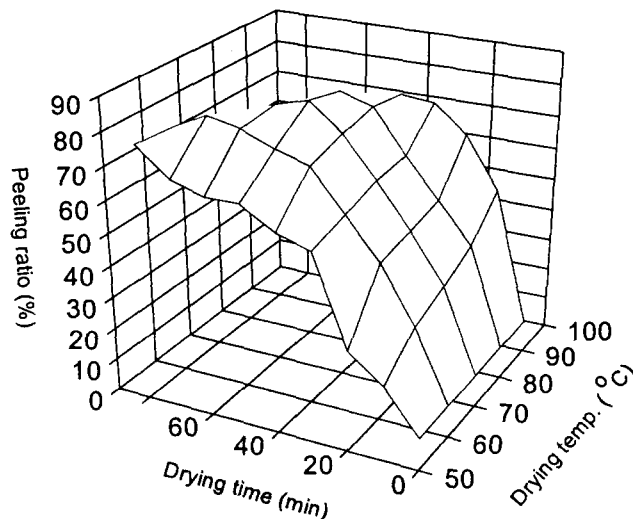


Fig. 1. Relationship between drying conditions and peeling ratio.

화염박피 후의 열 침투깊이를 보면, 건조온도 60℃에서 건조시간 10분의 경우 열침투 깊이가 1.0mm에서 건조시간 40분일 때 1.9mm, 건조시간 80분일 때 4.0mm로 건조시간이 증가함에 따라 열침투 깊이가 깊어짐을 보인다. 박피 손실율을 고려하여 열침투 깊이를 2mm 이내로 제한할 경우, 적정 건조처리 조건은 건조시간 60, 건조시간 40분으로 나타났다.

나. 외피 절단실험

밤 외피절단 실험은 밤 외피절단기 시작품의 칼날회전속도와 처리시간별로 밤 외피 절단 실험을 수행하여 외피절단기의 적정한 가동조건을 찾은 후 박피실험을 수행하였다. 실험결과, 외피절단기 시작품의 적정 가동조건은 칼날회전속도 600rpm, 처리시간은 25초로 나타났다. 박피실험에서는 밤의 외피를 절단한 후 화염박피를 한 경우와 외피를 절단하지 않은 경우에서 박피효율은 큰 차이가 없었고, 단지 화염박피시 연소시간을 단축할 수 있었으나 외피절단 시간을 포함한 전 박피공정을 기준으로 보면 큰 차이가 나타나지 않았다. 그러므로 지금까지 실험결과에 의하면 밤 외피절단의 전처리 공정은 화염박피 방법에서는 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. 그러나 현행 수작업으로 이루어지는 생울의 박피 가공시에 밤 외피 절단 장치를 거친 후 작업을 하면 훨씬 수월하고 박피효율을 높일 수 있는 방법으로 제시되었다.

다. 내외피 화염박피

화염 박피 시작품의 연소온도와 연소시간별 박피실험에서는 기초실험을 수행한 결과에 의거하여 660, 680, 700, 720, 740℃의 연소온도와 15, 17, 20, 25, 30초의 연소시간을 처리구로 하여 박피실험을 수행하였으며, 이때 건조처리조건은 건조온도 60℃, 건조시간 40분, 연속 마찰식 내외피 제거기의 회전속도는 160rpm이었다.

연소온도별 박피실험 결과는 그림 2와 같다. 연소온도 660℃에서는 58%의 박피율을 나타냈고 연소온도 680℃에서는 69%, 700℃에서는 73%, 720℃에서는 78%, 740℃에서는 82%의 박피율을 나타냈다. 이때 열침투 깊이는 660℃에서 1.3mm, 680℃에서 1.6mm, 700℃에서 1.7mm, 720℃에서 1.9mm, 740℃에서 2.2mm로 나타났으며, 열침투 깊이가 2mm 이내에서 적정 연소온도는 720℃로 나타났다.

연소시간별 박피실험 결과는 그림 3과 같다. 연소시간 15, 17, 20, 25, 30초에 대한 박피율은 각각 46, 61, 72, 78, 86%로 나타났으며, 연소시간이 증가할수록 박피율이 증가하는 경향을 나타냈다. 그러나 연소시간이 증가함에 따라 열침투 깊이가 1.0, 1.3, 1.7, 1.9, 2.3mm로 증가하여 연소시간이 너무 길면 열침투 깊이가 깊어져 밤의 가공특성이 나빠지고 생울 박피 가공시 손실율을 증대시킨다. 생울 박피가공시 손실율을 고려 열침투 깊이를 2mm 이내로 제한할 경우 적정 연소처리시간은 25초로 나타났다.

라. 연속 마찰식 박피

본 실험에서는 기초실험을 통하여 연속 마찰식 내외피 제거장치 시작품의 적정 회전속도에 근접한 130, 140, 150, 160, 170rpm을 처리구로하여 박피율과 손실율 정도를 측정하였다.

여기서 손실율은 전체 투입밤 중 마찰에 의하여 밤이 깨지거나 외피에 손상을 입은 밤의 비율로 계산 하였다.

실험결과를 보면, 연속 마찰식 내외피 제거기의 회전수 130rpm에서 박피율은 66%를 나타냈으며, 140rpm에서는 70%, 150rpm에서는 75%, 160rpm에서는 78%, 170rpm에서는 79%로 증가하는 경향을 보였으나 손실율도 130rpm일 때 2%에서 170rpm일 때 8%로 증가함을 나타냈다. 본 연구에서는 박피 밤의 손실율을 고려하여 연속 마찰식 박피장치의 적정 회전 속도는 160rpm으로 결정하였으며, 이때 손실율은 6%로 나타났다.

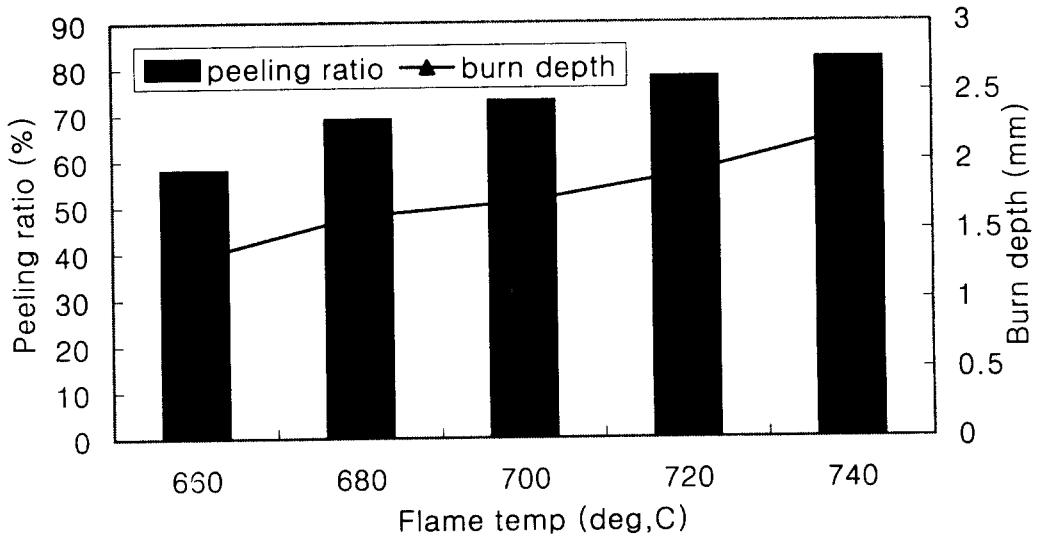


Fig. 2. Relationship between flame temperature and peeling ratio.

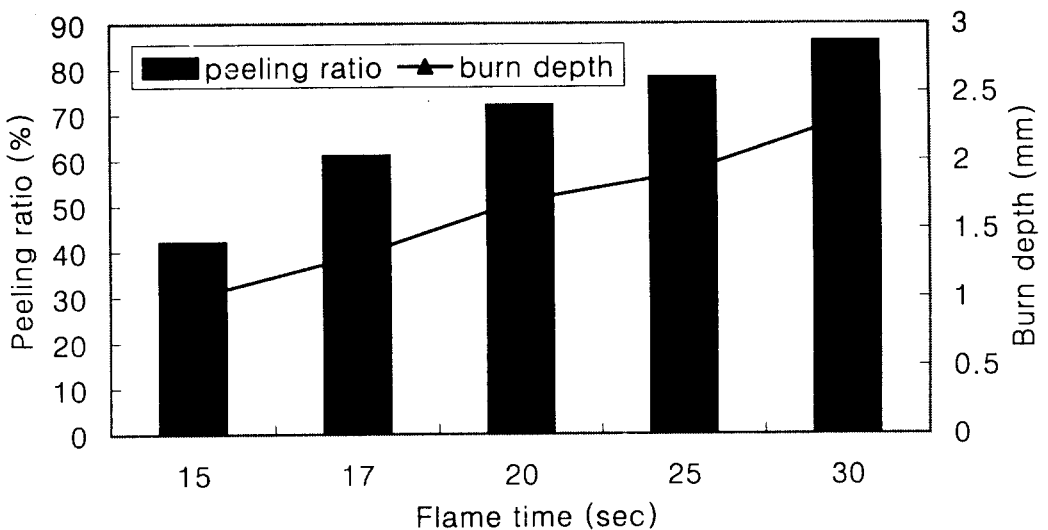


Fig. 3. Relationship between flame time and peeling ratio.

4. 요약 및 결론

밤의 박피가공 특성을 위한 기초실험을 토대로 밤의 박피작업공정 개발하여 밤 외피 절단 장치, 화염 박피 장치, 연속 마찰식 내외피 제거 장치, 절단 칼날식 면치 장치 등의 밤 박피 시스템 시작품을 설계·제작하였고, 시작품의 성능 및 박피실험을 수행하였다. 박피공정은 원료밤 선별, 저장, 건조전처리, 밤 외피절단, 화염박피, 마찰식 내외피 제거 등으로 생을 박피가공시 손실율을 고려하여 열침투 깊이를 2mm로 제한할 때, 건조온도 60℃, 건조시간 40분에서 외피절단기의 칼날 회전속도 600rpm·처리시간 25초, 연소온도 720℃, 연소시간 25초, 마찰식 내외피 제거기 속도 160rpm일 때 박피율은 78%을 나타냈으며, 이때 밤의 열침투정도는 1.9mm이었다.

5. 참고문헌

1. FAO한국협회. 1996. FAO 농업생산연감.
2. 농림수산부. 1996. 농림수산통계연보.
3. 서기봉, 한파규, 이성중. 1974. 밤 가공에 관한 연구 - 밤의 가공 적성 및 유색 가공품 개발을 중심으로 -. 한국식품과학회지 6(2) : 98-108.
4. 이양희, 김길환. 1975. 밤의 성숙도에 따른 저장성 및 박피효율에 관한 연구. 한국과학기술연구소 연구보고서.
5. Fellowa, P. 1988. Food Processing Technoligy. Ellis Horwood Ltd. England, P85.
6. Lewis, M. J. 1987. Physical Properties of Foods and Food Processing System. Ellis Horwood Ltd. England.
7. Pearson, T. C., D. C. Slaughther and H. E. Studer. 1994. Physical Properties of Pistachio Nuts. American Society of Agricultural Engineers 37(3) : 913-918