

밤의 화염박피시스템 최적화에 관한 연구 (I)

- 국내산 밤의 화염박피특성 예측모델 개발 -

Study on Optimization of Flame Peeling System for Chestnut (I)

- Development of Prediction Model for Flame Peeling Characteristics -

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

1. 서론

밤의 세계 생산량은 1970년대 연평균 약 45만 톤에서 1980년대에 50만 톤으로 증가하였으며, 1990년대에는 약 45만 톤을 유지하고 있다. 주요 생산국으로는 우리나라를 비롯해 중국, 터키, 이탈리아 등이며, 생산된 물량이 세계 전체 생산량의 약 75%를 차지하고 있다. 1995년도 기준으로 국가별 생산현황은 중국이 24%, 터키 17%, 이탈리아 16%, 일본이 7%를 차지하고 있으며, 우리나라는 세계 제 2위의 생산국으로 93,655 톤을 생산하여 세계 생산량의 20%를 차지하고 있다. 밤은 국내에서 단일 농산물로서는 수출이 가장 많은 작물로서 1971 연도이래 꾸준히 증가하여 1996년도에는 29,450톤을 수출하여 수출액이 1억1천2백만 불을 달성하는 높은 실적을 나타냈다.

국내에서 밤 박피에 관한 연구는 밤의 껍질을 약화시키는 화학적인 처리방법(서 1974), 밤 껍질의 연소방법(이 1975), 원심력과 절단 칼날을 이용한 밤 껍질 절단방법 등이 수행되었고 일부 시작품 기계가 개발되었으나, 실제로 밤 박피 가공공장에 전혀 이용되지 못하고 있는 실정이다. 현재까지 대부분 수작업에 의존하고 있는 밤 박피작업의 기계화를 위하여 김 등 (1997)은 화염박피 방법을 이용하여 손실을 최소화하고 대량의 밤을 자동적으로 박피할 수 있는 밤 박피 시스템을 개발하여 발표하였다.

본 연구는 개발된 화염박피 시스템의 최적 박피조건을 구명하기 위한 제 1보로서 국내산 밤의 연소온도, 연소시간에 따른 화염박피 특성을 구명하고 국내산 밤의 화염박피 특성 예측 모델을 개발하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 화염박피 시스템

국내산 밤의 손상을 최소화하고 대량의 밤을 자동적으로 박피할 수 있는 화염박피 시스템을 개발(김 등, 1997)하여, 국내산 밤의 화염박피 특성 실험에 사용하였다.

* 한국식품개발연구원 식품유통연구본부 공정개발팀

** 성균관대학교 생명자원과학대학 생물기전공학과

화염박피 시스템에는 밤 시료를 일정한 속도로 고온의 화로에 투입하기 위하여 원료밤 이송 콘베어와 진동 공급기를 설치하였으며, 이송 공급 장치로부터 공급된 밤에 화염을 분사하여 밤의 내외피를 순간적으로 연소시키는 화염박피 장치 및 화염박피 장치에서 내외피가 연소된 밤의 내외피를 마찰력을 이용하여 제거하는 연속 마찰식 내외피 제거장치로 구성되어 있다.

나. 실험방법

화염박피 방법을 이용한 밤의 박피에서 주요 박피요인으로는 밤 외피 경도, 연소온도, 연소시간 등으로 나타났다(박 등 1997; 김 등 1997; 김 등 1998). 그러므로 밤의 물리적 특성 중 박피효율에 가장 큰 영향을 미치는 밤 외피의 경도와 화염박피 공정의 연소온도, 연소시간이 화염박피 효율에 미치는 영향을 분석하여 국내 밤의 화염박피 특성을 구명하기 위하여 박피특성 실험을 수행하였다.

화염박피 특성 실험에서는 화염박피 장치에서 연소온도와 연소시간을 설정한 후 밤 외피 경도별로 박피실험을 수행하여, 연소온도와 연소시간에 따른 화염박피 특성을 분석하였다.

화염박피 특성으로는 박피율과 화염박피 후에 발생하는 밤의 열침투 깊이를 측정하였다. 박피율은 농산물의 박피실험에서 가장 중요한 평가항목으로서, 투입된 시료 밤에 대하여 박피공정 후 완전히 박피된 밤의 비율로서 식 (1)과 같이 계산하였다. 본 연구에서 박피율은 박피공정 중 깨진 밤, 상처 입은 밤 및 내피의 일부분이 남아 있는 밤은 박피되지 않은 밤으로 포함시켜 계산하였다.

$$\text{Peeling ratio (\%)} = \frac{\text{Number of peeled sample}}{\text{Number of total input sample}} \times 100 \quad (1)$$

열침투 깊이가 깊어지면 밤의 가공특성이 나빠지고, 생울로 유통 시에는 열침투 부분을 제거하여야 하므로 열침투 깊이는 손실율과 밀접한 관계를 가지고 있어 박피조건을 결정시 중요한 평가기준이다(김 1997). 열침투 깊이는 화염박피 후 박피된 밤을 이등분한 후 자를 이용하여 열이 밤 과육에 침투한 깊이를 측정하였다.

박피특성 실험에서 연소온도와 연소시간은 김 등(1997)이 발표한 국내산 밤의 화염박피시의 적정 박피조건인 600℃에서 800℃사이의 연소온도, 15초에서 30초 사이의 연소시간 범위를 설정하여, 연소온도는 600, 650, 700, 750, 800℃에서 연소시간은 15, 20, 35, 30 초에서 박피실험을 수행하였다. 또한 밤의 화염박피에서 중요한 요인의 하나로 알려진 밤 외피 경도(김 1998)는 2100, 1900, 1700, 1500, 1300 g/mm²에서 박피실험을 수행하였다. 실험시 연속 마찰식 내외피 제거기의 마찰판 회전속도는 160 rpm이었다. 본 실험의 시료는 은기 중울을 사용하였고, 실험은 조건별로 매회 100개의 밤을 사용하였으며, 3회 반복실험하여 화염박피 특성인 박피율과 열침투 깊이를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 연소온도에 따른 화염박피 특성

연소온도에 따른 박피효율

그림 1, 2는 연소시간이 20초, 30초 일 때 연소온도에 따른 박피율을 나타낸 것이다.

연소시간이 20초의 경우에는 연소온도가 600, 650, 700, 750℃로 증가함에 따라 밤 외피 경도가 1300 g/mm²일 때 박피율은 55.1, 67.8, 75.5, 86.9%로 증가하였으며, 밤 외피 경도가 1500 g/mm²일 때 박피율은 47.5, 56.7, 64.4, 75.5%로 나타났으며, 연소온도가 600, 650, 700, 750, 800℃로 증가함에 따라 밤 외피 경도가 1700 g/mm²일 때 박피율은 40.4, 44.6, 54.5, 67.0, 80.6%, 밤 외피 경도가 1900 g/mm²일 때 박피율은 29.5, 32.3, 39.6, 50.7, 65.1%, 밤 외피 경도가 2100 g/mm²일 때 박피율은 14.2, 20.5, 26.6, 32.3, 40.3%로 각각 나타났다.

연소시간이 30초의 경우에는 연소온도가 600, 650, 700, 750℃로 증가함에 따라 밤 외피 경도가 1300 g/mm²일 때 박피율은 80.8, 90.2, 95.2, 97.3%로 증가하였으며, 밤 외피 경도가 1500 g/mm²일 때 박피율은 74.3, 84.9, 92.7, 94.7%로 나타났으며, 연소온도가 600, 650, 700, 750, 800℃로 증가함에 따라 밤 외피 경도가 1700 g/mm²일 때 박피율은 63.5, 73.2, 88.5, 92.4, 96.1%, 밤 외피 경도가 1900 g/mm²일 때 박피율은 51.9, 57.8, 74.1, 85.1, 91.2%, 밤 외피 경도가 2100 g/mm²일 때 박피율은 32.2, 39.5, 54.5, 64.3, 75.1%로 각각 나타났다. 연소온도에 따른 박피율의 변화에 대한 회귀분석을 실시한 결과에서 박피율 회귀방정식의 결정계수(R^2)는 밤 외피의 경도가 1300, 1500, 1700, 1900, 2100 g/mm²에서 0.91, 0.92, 0.92, 0.97, 0.99로 나타났다.

연소온도에 따른 박피효율 실험결과에서 국내산 밤의 화염 박피율은 연소시간이 일정할 때 연소온도가 증가함에 따라 박피율이 85% 미만에서는 선형적으로 증가하였고, 박피율이 85% 이상에서는 연소온도가 증가함에 따라 박피율의 증가폭이 적어지는 2차 함수형태로 증가함을 알 수 있었다. 또한 같은 연소온도에서는 밤의 외피 경도가 감소함에 따라 박피율이 증가하는 것으로 나타났다.

연소온도에 따른 열침투 깊이

그림 3, 4는 연소시간이 20초, 30초 일 때 연소온도에 따른 열침투 깊이를 나타낸 것이다.

연소시간이 20초의 경우에는 연소온도가 600, 650, 700, 750, 800℃로 증가함에 따라 밤 외피 경도가 2100 g/mm²일 때 열침투 깊이는 0.49, 0.68, 0.79, 0.88, 1.09 mm로 증가하였으며, 밤 외피 경도가 1900 g/mm²일 때 열침투 깊이는 0.76, 0.93, 1.10, 1.30, 1.63 mm, 밤 외피 경도가 1700 g/mm²일 때 열침투 깊이는 1.05, 1.12, 1.31, 1.53, 1.86 mm로 각각 나타났으며, 연소온도가 600, 650, 700, 750℃로 증가함에 따라 밤 외피 경도가 1500 g/mm²일 때 열침투 깊이는 1.19, 1.35, 1.53, 1.71 mm, 밤 외피 경도가 1300 g/mm²일 때 열침투 깊이는 1.42, 1.66, 1.85, 2.08 mm로 각각 나타났다.

연소시간이 30초의 경우에는 연소온도가 600, 650, 700, 750, 800℃로 증가함에 따라 밤 외피 경도가 2100 g/mm²일 때 열침투 깊이는 0.95, 1.08, 1.28, 1.41, 1.61 mm로 증가하였으며, 밤 외피 경도가 1900 g/mm²일 때 열침투 깊이는 1.28, 1.43, 1.63, 1.91, 2.40 mm, 밤 외피 경도가 1700 g/mm²일 때 열침투 깊이는 1.53, 1.69, 2.05, 2.40, 3.05 mm로 각각 나타났으며, 연소온도가 600, 650, 700, 750℃로 증가함에 따라 밤 외피 경도가 1500 g/mm²일 때 열침투 깊이는 1.70, 1.92, 2.26, 2.60 mm, 밤 외피 경도가 1300 g/mm²일 때 열침투 깊이는 1.86, 2.09, 2.68, 3.30 mm로 각각 나타났다. 연소온도에 따른 열침투 깊이에 관한 회귀분석을 실시한 결과에서 열침투

두 깊이 회귀방정식의 결정계수(R^2)는 밤 외피의 경도가 1300, 1500, 1700, 1900, 2100 g/mm²에서 0.96, 0.99, 0.95, 0.94, 0.99로 나타났다.

국내산 밤의 화염박피에서 연소온도에 따른 열침투 깊이는 연소온도가 증가함에 따라 증가하는 것으로 나타났다. 연소온도가 750℃ 미만이며 밤 외피 경도가 1700 g/mm²이상의 경우에는 선형적으로 증가하나 연소온도가 750℃ 이상이며 밤 외피 경도가 1700 g/mm² 미만에서는 연소온도 증가에 따른 열침투 깊이 증가폭이 커지는 것으로 나타났다. 또한 같은 연소온도에서는 밤의 외피 경도가 감소함에 따라 열침투 깊이가 증가함을 알 수 있었다.

나. 연소시간에 따른 화염박피 특성

연소시간에 따른 박피효율

그림 5, 6은 연소온도가 650, 750℃일 때 연소시간에 따른 박피율을 나타내고 있다.

연소온도가 650℃의 경우에는 연소시간이 15, 20, 25, 30 초로 증가함에 따라 밤 외피 경도가 1300 g/mm²일 때 박피율은 52.3, 67.8, 79.5, 90.2%로 증가하였으며, 밤 외피 경도가 1500 g/mm²일 때 박피율은 45.4, 56.7, 68.0, 84.9%, 밤 외피 경도가 1700 g/mm²일 때 박피율은 34.3, 44.6, 60.2, 73.2%, 밤 외피 경도가 1900 g/mm²일 때 박피율은 24.6, 32.3, 42.5, 57.8%, 밤 외피 경도가 2100 g/mm²일 때 박피율은 13.1, 20.5, 28.3, 39.5%로 각각 나타났다. 연소시간에 따른 박피율에 대한 회귀분석을 실시한 결과에서 박피율 회귀방정식의 결정계수(R^2)는 밤 외피의 경도가 1300, 1500, 1700, 1900, 2100 g/mm²에서 0.99, 0.98, 0.99, 0.97, 0.98로 나타났다.

연소온도가 750℃의 경우에는 연소시간이 15, 20, 25, 30 초로 증가함에 따라 밤 외피 경도가 1300 g/mm²일 때 박피율은 75.5, 86.9, 93.6, 97.3%로 증가하였으며, 밤 외피 경도가 1500 g/mm²일 때 박피율은 63.7, 75.5, 84.8, 94.7%, 밤 외피 경도가 1700 g/mm²일 때 박피율은 51.8, 67.0, 80.8, 92.4%, 밤 외피 경도가 1900 g/mm²일 때 박피율은 40.6, 50.7, 68.0, 85.1%, 밤 외피 경도가 2100 g/mm²일 때 박피율은 21.3, 32.3, 46.0, 64.3%로 각각 나타났다. 동일한 연소온도에서 연소시간이 증가함에 따라 박피율은 증가하는 경향을 나타내고 있으나, 밤 외피 경도가 1700 g/mm² 미만이며 연소온도가 25초 이상일 때 박피율의 증가폭이 현저히 줄어드는 것을 알 수 있다. 이는 연소온도에 따른 박피율 특성에서와 같이 박피율이 85% 이상에서는 박피조건에 따른 박피율 증가가 2차 함수형태로 증가폭이 줄어드는 경향을 보여주고 있다.

연소시간에 따른 열침투 깊이

그림 7, 8은 연소온도가 650, 750℃일 때 연소시간에 따른 열침투 깊이를 나타내고 있다.

연소온도가 650℃의 경우에는 연소시간이 15, 20, 25, 30초로 증가함에 따라 밤 외피 경도가 2100 g/mm²일 때 열침투 깊이는 0.49, 0.68, 0.87, 1.08 mm, 밤 외피 경도가 1900 g/mm²일 때 열침투 깊이는 0.76, 0.93, 1.21, 1.43 mm, 밤 외피 경도가 1700 g/mm²일 때 열침투 깊이는 0.95, 1.12, 1.50, 1.69 mm, 밤 외피 경도가 1500 g/mm²일 때 열침투 깊이는 1.19, 1.35, 1.68, 1.92 mm, 밤 외피 경도가 1300 g/mm²일 때 열침투 깊이는 1.43, 1.66, 1.90, 2.09 mm로 각각 나타났다. 연소시간이 증가함에 따라 열침투 깊이가 증가하는 경향을 나타냈으며, 동일한 연소시간에서 밤 외피 경도가 감소함에 따라 열침투 깊이가 증가하는 것으로 나타났다.

연소온도가 750℃의 경우에는 연소시간이 15, 20, 25, 30 초로 증가함에 따라 밤 외피 경

도가 2100 g/mm²일 때 열침투 깊이는 0.68, 0.88, 1.14, 1.41 mm로 증가하였으며, 밤 외피 경도가 1900 g/mm²일 때 열침투 깊이는 1.10, 1.30, 1.57, 1.91 mm, 밤 외피 경도가 1700 g/mm²일 때 열침투 깊이는 1.32, 1.53, 1.83, 2.40 mm, 밤 외피 경도가 1500 g/mm²일 때 열침투 깊이는 1.49, 1.71, 1.97, 2.60 mm, 밤 외피 경도가 1300 g/mm²일 때 열침투 깊이는 1.79, 2.08, 2.42, 3.30 mm로 각각 나타났다. 연소시간 증가에 따른 열침투 깊이는 증가하는 경향을 나타내고 있고, 연소시간 25초 이상이고 밤 외피 경도가 1700 g/mm² 미만의 경우에는 연소시간 증가에 대한 열침투 깊이의 증가율이 매우 큰 2차 함수형태로 나타남을 알 수 있었다. 연소시간에 따른 열침투 깊이 변화에 대한 회귀분석을 실시한 결과에서 열침투 깊이 회귀방정식의 결정계수(R²)는 밤 외피의 경도가 1300, 1500, 1700, 1900, 2100 g/mm²에서 0.92, 0.93, 0.94, 0.98, 0.99로 나타났다.

다. 화염박피 특성 예측모델

예측모델 및 적정 변수선택

국내산 밤의 화염박피 특성 결과를 토대로 국내산 밤의 화염 박피율과 화염박피시 발생하는 열침투 깊이 예측 모델을 개발하였다. 국내산 밤의 화염박피 특성 분석결과에서 밤의 화염박피 효율에 영향을 주는 중요한 요인으로 밤 외피 경도, 연소온도, 연소시간이 나타났으므로, 밤 외피의 경도, 연소온도, 연소시간을 국내산 밤의 화염 박피율과 열침투 깊이 예측 방정식의 독립변수로 선정하였다.

국내산 밤의 화염박피 특성 결과를 토대로 선정된 박피율과 열침투 깊이 모델에서 적정 변수를 선택하기 위하여 SAS 프로그램의 변수 선택법을 실시하였다. 사용된 변수 선택법은 수정된 결정계수(adjusted R²) 선택법으로, 본 연구에서는 수정된 결정계수가 가장 크며 변수의 수가 적은 경우를 선정하였다. 박피율 예측 방정식은 밤 외피 경도의 1차항, 연소시간 1차항, 밤 외피 경도 2차항, 연소온도 2차항, 연소시간 2차항으로 총 5개의 변수를 선정하였으며, 열침투 깊이 예측 방정식은 밤 외피 경도 2차항, 연소온도 2차항, 연소시간 2차항으로 총 3개의 변수를 선정하였다.

박피율 예측 방정식

국내산 밤의 화염 박피율 예측 방정식은 적정 변수로 선정된 외피 경도 1차항, 연소시간 1차항, 외피 경도 2차항, 연소온도 2차항, 연소시간 2차항으로 이루어진 예측모델에서 밤 외피 경도가 1300, 1500, 1700, 1900, 2100 g/mm², 연소온도가 600, 650, 700, 750, 800℃, 연소시간이 15, 20, 25, 30 초일 때 화염박피 실험결과를 토대로 SAS 6.11 프로그램의 다중 회귀분석을 실시하여 개발하였다. 박피율 예측 방정식은 식 (2)과 같다.

$$Y = a + bX_1 + cX_3 + dX_1^2 + eX_2^2 + fX_3^2 \quad (2)$$

where, Y : peeling ratio (%), X₁ : hardness of the chestnut shells (g/mm²), X₂ : flame temperature (°C), X₃ : flame time (sec), a : -55.848591, b : 0.074989, c : 1.276174, d : -0.000038779, e : 0.000125, f : 0.025043

박피율 방정식의 회귀분석 결과에서 결정계수(R²)는 0.979이고, 회귀방정식의 적합도를 나

타내는 F 값은 811.17이며, 그 확률은 0.0001로서 통상적인 유의수준 0.05보다 훨씬 적으므로 식 (2)의 박피율 방정식은 유의한 것으로 분석되었다. 박피율 예측 방정식에서 독립변수들의 적정 범위는 밤 외피의 경도(X_1)가 1500~2100g/mm², 연소온도(X_2)는 600~800℃, 연소시간(X_3)은 5~30 초이다. 독립변수간의 수치 차이에 의하여 밤 외피 경도 2차항의 상수(d)는 매우 적은 값으로 나타났으나 밤 외피 경도의 2차항은 박피율을 예측하는데 매우 중요함을 알 수 있었다.

그림 9에서와 같이 박피율 예측 방정식을 이용한 예측값과 실험에 의한 박피율의 관계는 매우 선형적으로 나타났으며, 실험값과 예측값의 관계를 나타내는 결정계수가 0.97로서 박피율 예측 방정식의 예측값과 실험값은 잘 일치하는 것으로 나타났다.

열침투 깊이 예측 방정식

국내산 밤의 열침투 깊이 예측 방정식은 적정 변수로 선정된 밤 외피 경도 2차항, 연소온도 2차항, 연소시간 2차항으로 이루어진 예측모델에서 밤 외피 경도가 1300, 1500, 1700, 1900, 2100 g/mm², 연소온도가 600, 650, 700, 750, 800℃, 연소시간이 15, 20, 25, 30 초일 때 화염박피 실험결과를 토대로 SAS 6.11 프로그램의 다중 회귀분석을 실시하여 개발하였다. 열침투 깊이 예측 방정식은 식 (3)과 같다.

$$Y = a + bX_1^2 + cX_2^2 + dX_3^2 \quad (3)$$

where, Y : peeling ratio (%), X_1 : hardness of the chestnut shells (g/mm²), X_2 : flame temperature (℃), X_3 : flame time (sec), a : 0.512236, b : -0.000000403, c : 0.000003105, d : 0.001252

열침투 깊이 방정식의 회귀분석 결과에서 결정계수(R^2)는 0.943이고, 회귀방정식의 적합도를 나타내는 F 값은 503.868이며, 그 확률은 0.0001로서 통상적인 유의수준 0.05보다 훨씬 적으므로 식 (3)의 열침투 깊이 방정식은 유의한 것으로 분석되었다. 열침투 깊이 예측 방정식에서 독립변수들의 적정 범위는 밤 외피의 경도(X_1)가 1500~2100g/mm², 연소온도(X_2)는 600~800℃, 연소시간(X_3)은 5~30 초로서, 이때 열침투 깊이는 0~4 mm의 값을 나타낸다. 이와같이 열침투 예측 방정식에서 독립변수 값이 종속변수에 비하여 매우 큰 값을 가지고 있어, 독립변수 2차항의 상수(b, c, d)값이 매우 적은 값으로 나타났다.

그림 10은 열침투 깊이 예측 방정식을 이용한 예측값과 실험에 의한 박피율의 관계를 보여주고 있다. 그림 10에서 실험값과 예측값의 관계는 선형적이며 결정계수가 0.96으로 박피율 예측 방정식의 예측값과 실험값은 잘 일치하는 것으로 나타났다.

4. 요약 및 결론

화염박피 방법을 이용한 밤의 박피에서 주요 박피요인으로는 밤 외피의 경도, 연소온도, 연소시간으로 나타났으며, 이들 박피요인에 대하여 국내산 밤의 화염박피 특성을 구명하였다.

연소온도와 연소시간이 증가함에 따라 밤의 박피율과 열침투 깊이가 증가하였다. 박피율

은 85% 미만에서는 선형적으로 증가하였고, 85% 이상에서는 2차 함수의 형태로 박피율의 증가폭이 둔화되었다. 또한 동일한 연소온도와 연소시간에서는 밤 외피 경도가 낮을수록 박피율은 증가하였다. 열침투 깊이는 연소온도와 연소시간이 증가함에 따라 열침투 깊이가 2 mm 미만에서는 선형적으로, 열침투 깊이가 2 mm 이상에서는 2차 함수형태로 증가하였다.

밤 외피의 경도, 연소온도, 연소시간에 따른 화염박피 특성을 이용하여, 박피율과 열침투 깊이를 예측하는 국내산 밤의 화염박피 특성 예측모델을 개발하였다. 개발된 박피율 및 열침투 깊이 예측모델은 밤 외피의 경도, 연소온도, 연소시간의 2차항을 포함하고 있으며, 국내산 밤의 화염박피 특성을 잘 나타내고 있다. 예측모델의 검증결과 예측값과 측정값의 회귀 결정계수(R^2)가 0.96 이상으로 잘 일치하는 것으로 나타났다.

5. 참고문헌

1. 김종훈, 박재복, 최창현. 1997. 밤 박피 시스템 개발. 한국농업기계학회지 22(3):289-294.
2. 김종훈, 박재복, 최창현, 김재민. 1998. 밤 외피 경도가 화염박피 특성에 미치는 영향. 한국농업기계학회지 23(4):351-358.
3. 박재복, 김종훈, 김동만, 김종태, 권기현. 1997. 밤 박피 기계 개발에 관한 연구. 한국식품개발연구원 연구보고서.
4. 서기봉, 한판규, 이성종. 1974. 밤 가공에 관한 연구 - 밤의 가공 적성 및 유색 가공품 개발을 중심으로 -. 한국식품과학회지 6(2):98-102.
5. 이양희, 김길환. 1975. 밤의 성숙도에 따른 저장성 및 박피효율에 관한 연구. 한국과학기술연구소 연구보고서.
6. Fellowa, P. 1988. Food Processing Technology. Ellis Horwood Ltd. England.

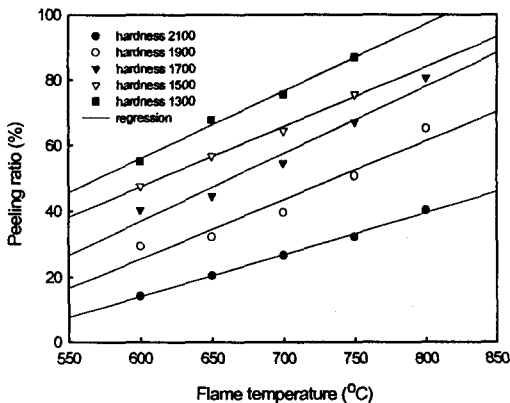


Fig. 1 Peeling ratio according to the flame temperature with 20sec of the flame time.

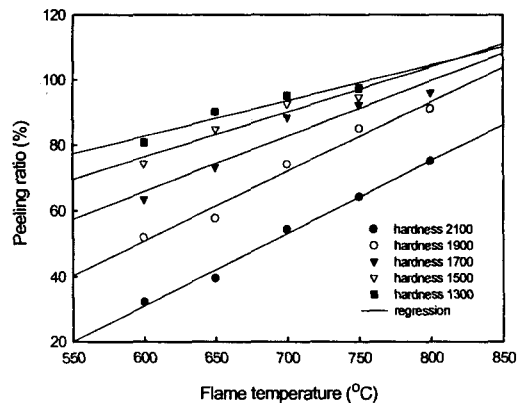


Fig. 2 Peeling ratio according to the flame temperature with 20sec of the flame time.

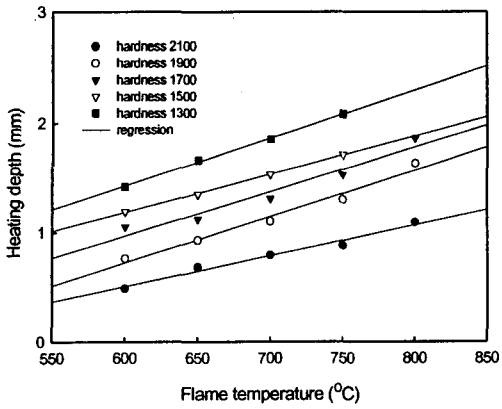


Fig. 3 Heating depth according to the flame temperature with 20sec of the flame time.

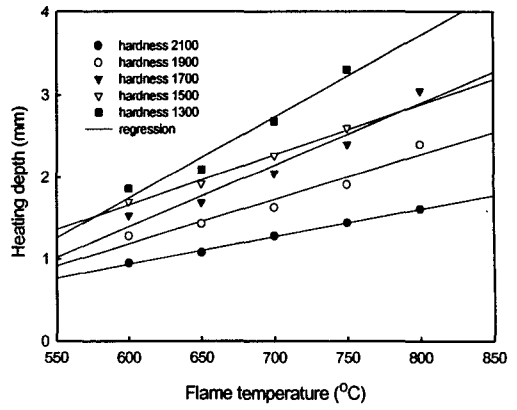


Fig. 4 Heating depth according to the flame temperature with 20sec of the flame time

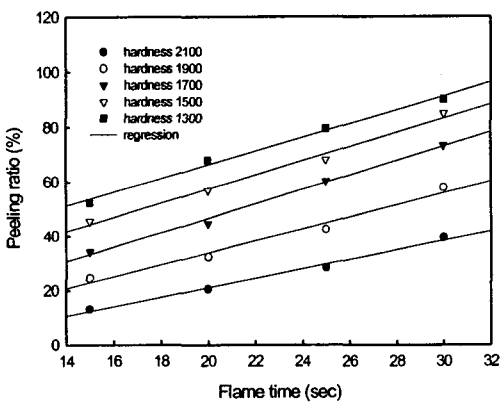


Fig. 5 Peeling ratio according to the flame time with 650°C of the flame temperature.

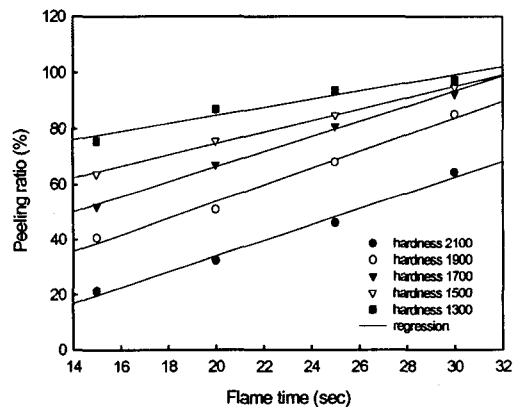


Fig. 6 Peeling ratio according to the flame time with 750°C of the flame temperature.

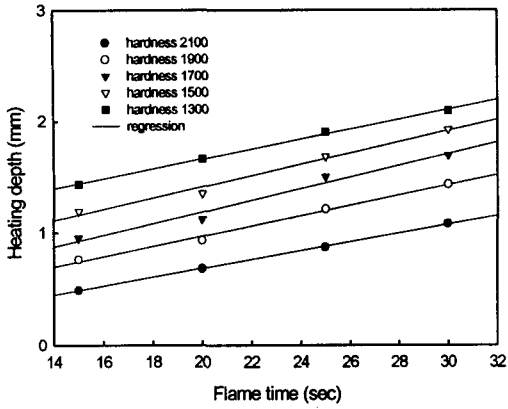


Fig. 7 Heating depth according to the flame time with 650°C of the flame temperature.

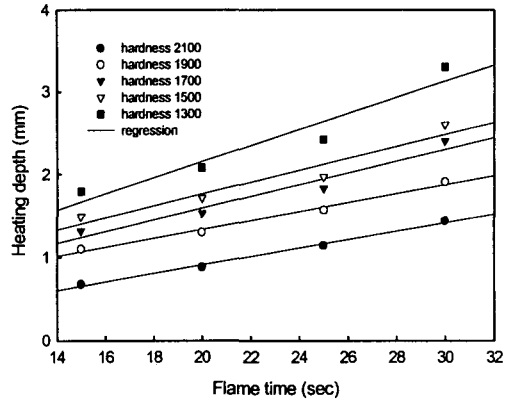


Fig. 8 Heating depth according to the flame time with 750°C of the flame temperature.

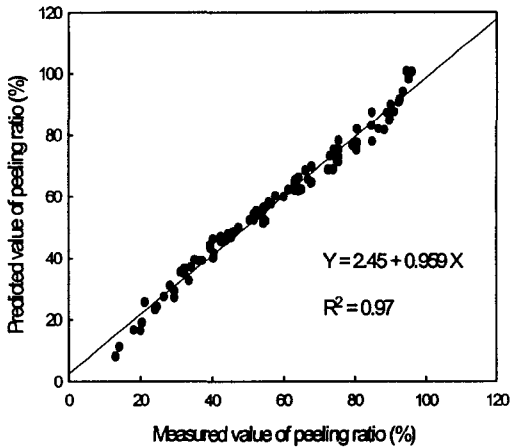


Fig. 9 Relationship between measured and predicted peeling ratio.

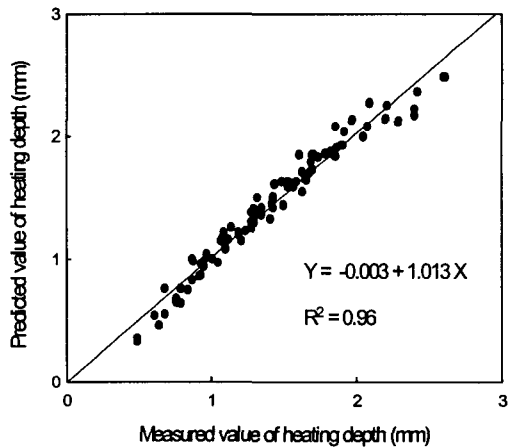


Fig. 10 Relationship between measured and predicted heating depth.