

근채류(감자, 고구마, 당근)의 탈피조작

이철호 · 이순우

고려대학교 식품공학과

Peeling Operations of Root Vegetables: Potato, Sweet Potato and Carrot

Cherl-Ho Lee and Soon-Woo Lee

Department of Food Technology, Korea University

Abstract

The effect of peeling methods, sphericity and weight of potatoes and carrots on the peeling efficiency were investigated. The changes in the surface texture by peeling were estimated by Rheometer and were related to the changes in the microstructure. The optimum mechanical peeling conditions using abrasion type rotary peeler were 90 sec. at 300 rpm for potatoes, 70 sec. at 300 rpm for sweet potatoes and 60 sec. at 300 rpm for carrots. The peeling loss was influenced by the sphericity and weight of the sample. The optimum conditions for alkali peeling were 90 sec. immersion in boiling 10% NaOH solution for potatoes, 300 sec. in boiling 10% NaOH solution for sweet potatoes and 60 sec. in boiling 6% NaOH solution for carrots. Severe damage of surface structure was noticed by alkali peeling, demonstrated by denaturation of starch granules in the cell. The structural damage observed by microscope was related to the reduction of cutting force after peeling.

서 론

감자, 고구마, 당근과 같은 근채류의 공업적 가공을 위해서는 먼저 껍질을 제거하는 공정을 필수적으로 거쳐야 한다. 이러한 목적으로 고안된 여러가지 방법들이 구미에서는 많이 개발되어 사용되고 있으며 우리나라에서도 최근 이 분야의 기계제작이 시작되고 있다. 이러한 시점에서 공업적 탈피공정의 효율과 공정별 제품의 품질에 관한 구체적인 연구가 요망되고 있다.

근채류의 껍질을 제거하는 방법들은 크게 네가지로 나눌 수 있다. 첫째, 칼이나 숟가락 같은 도구를 사용하거나 물에 불린후 손으로 탈피하는 방법으로 일부 통조림 공업이나 소규모 비닐포장된 감자의 제조에 사용되고 있다. 둘째로 동력을 이용하여 연마제 또는 브러쉬에 의한 마찰로 껍질을 제거하는 기계적 탈피 방법으로 대규모 요식업소, 포테이토칩 제조공업등에서 사용되고 있다. Sijbring⁽¹⁾은 브러쉬가 부착된 8개의 구동회전축에 의해 감자의 껍질이 제거될때 17% 내외의

탈피손실율이 생긴다고 보고한 바 있다. 세째로 부식용액을 사용하는 알카리 탈피법이다. 이 방법은 통조림 공업에서 많이 사용되는 것으로 사용하는 알카리의 농도, 용액의 온도, 처리시간등에 따라 탈피 손실율이 달라진다. Powers⁽²⁾ 등은 77℃의 12% NaOH용액을 사용할 경우 탈피 손실율은 8-17%에 달하였으며 50%NaOH 용액으로 138℃에서 처리하면 탈피 손실율이 감소되었다고 보고 하였다. 이 공정에서는 세척수의 사용량이 많아 폐수처리의 어려움이 큼으로 표면을 알카리 처리한후 기계식 마모법으로 껍질을 제거하는 건식 알카리 탈피법들이 고안되고 있다. 감자의 경우 알카리 용액에 3분 동안 침지시키고 실온에서 5분간 정착한후 가스불꽃으로 2-3분간 처리하여 표면 조직을 연화한후 고압수로 분무하여 껍질을 제거하는 방법도 고안되고 있다.⁽³⁾ Lee등⁽⁴⁾은 당근을 건식 알카리 탈피할 경우 물의 소비량을 줄이기 위하여 먼저 당근을 세척후에 증기 또는 열수로 데치고 88℃의 3-5%알카리 용액에서 4-5분 침지시켜서 껍질 조직이 연해지면 고압수

로 분무하는데, 이때 탈피 손실율은 36%수준에 달하였다. 네째로 고압증기로 가열하거나 표면을 급냉하는 등의 열처리 조작에 의하여 조직 연화를 일으킨후 고압수를 분무하여 겹질을 제거하는 방법이다. Brown등⁽⁴⁾은 액체 질소를 사용하여 표면을 순간적으로 얼게한후 다시 녹이면서 고압수로 겹질을 제거하는 냉동 탈피법에서 탈피 손실율은 6.8%이었으며 같은 원료에서 알카리 탈피하였을 경우의 탈피 손실율 12.7%에 비하여 우수함을 보고 하였다. USDA의 연구보고에 의하면 탈피손실은 기계적 탈피에서 24.9%, 알카리탈피 22.4%, 증기탈피에서 18.6% 정도라고 비교하고 있다.⁽⁵⁾ 이와같이 탈피방법, 시료의 종류와 형태등에 따라 탈피 손실율은 크게 차이를 나타내고 있다.

본 연구에서는 감자, 고구마, 당근의 기계적 탈피와 알카리 탈피 조작에서 표피 조직의 변화와 조직감에 미치는 영향을 조사하였다. 또한 원료의 구형도(Sphericity)와 개당 중량이 탈피 효율에 미치는 영향을 관찰하였으며 원료의 종류별 최적 탈피 조건들을 수립하였다

재료 및 방법

재료

감자는 강원도 대관령에서 생산한 남작을 6월에 구입하여 습도 85-90%, 7℃에서 저장하고, 고구마는 전남 무안에서 생산한 홍미를 9월에 구입하여 습도 90-95%에서 저장하고, 당근은 충남 예산에서 생산한 것을 8월 초에 구입하여 습도 90-95%, 0℃에서 저장시키면서 재료로 사용하였다.

기계적 탈피법

재료의 구형도와 중량을 측정하여 분류하고, 탈피기를 일정 회전수별로 가동시켜 물을 조금씩 기계내에 분무하면서 재료를 내부에 투입하여 연마제에 의한 마찰로 문질러져 탈피된 것을 다시 중량을 측정하여 탈피 손실량을 구하였다. 이때 물을 주입하는 것은 겹질이 씻겨 내려가 계속적인 탈피 작용이 촉진되도록 한 것이다.

구형도는 물체의 대략적인 용적과 그 물체가 가질수 있는 최대의 구형 형태를 비교하여 나타낸 것으로 아래와 같이 3개의 길이로 표시하였다.⁽⁷⁾

$$\text{Sphericity} = \frac{(\pi/6)abc}{(\pi/6)3} = \frac{(abc)^{1/3}}{a}$$

여기서 a는 가장 긴 축의 길이, b는 a에 직교하는 가장 긴 축의 길이, c는 a와 b에 동시에 직교하는 가장

긴 축의 길이이다. 따라서 완전 구형체는 구형도가 1이 되며, 재료의 구형도는 0에서 1까지 그 값이 되도록 하였다. 탈피기는 회전판과 원통 내벽에 금강사가 내장된 연마제에 의해서 회전판이 회전할때 회전운동과 파동운동에 의한 마찰 특성으로 탈피되는 것이며 회전판의 회전수를 변속할 수 있도록 변속기를 부착하였다.

탈피전과 탈피후의 중량을 측정하고 탈피된 중량을 배분율로 하여 탈피손실(peeling loss)로 표시하였다. 탈피효율(peeling efficiency)은 탈피손실(%)을 탈피시간(sec)으로 나눈 값으로 표시하였다.

알카리 탈피법

재료의 구형도와 중량을 측정하고 끓는 알카리 용액에 일정시간 침지시키고 꺼내서 즉시 수도물로 5분 이상 분무하여 겹질이 제거되면서 표피에 묻어있는 알카리 용액이 씻겨어 세척되도록 하고 다시 중량을 측정하였다. 시료를 침지시키에 따른 농도 변화를 미소하게 하기 위하여 미리 조제된 용액 6리터에 침지하였다. 감자와 고구마는 10% NaOH용액에, 당근은 6% NaOH용액을 사용하였다.

텍스처 측정 방법

조직의 기계적 특성치는 일본 I & T Co., LTD 에서 제작한 Rheometer를 사용하였으며, 최대 하중을 2,000g으로 하여 겹질이 있는 원형상태와 탈피한 상태의 시료를 각각 표피로부터 두께 15mm 폭 10mm로 자른 칼날형 probe (Rheometer Probe # 8)로 절단시험을 하였으며 이때 table speed는 1.3mm/s로 하고, force-distance curve가 직접 기록되도록 recorder (Servo-Corder SR637)를 사용하였으며 chart speed는 120mm/min으로 하였다.

현미경 관찰법

각 시료의 특징적인 표피조직이 나타나도록 표피의 면과 수직 방향으로 절단하여 탈피에 따른 표피조직의 미세구조 변화를 광학현미경을 이용하여 100배와 400배의 배율로 관찰하였다.

절단 부위는 0.05N요오드를 포함한 3% KI 수용액을 반응시켜 수세시킨 후 slide glass에 고착시킨후 검경하였다.

결과 및 고찰

기계적 탈피

사용된 시료의 평균 구형도는 감자의 경우 0.8~0.91,

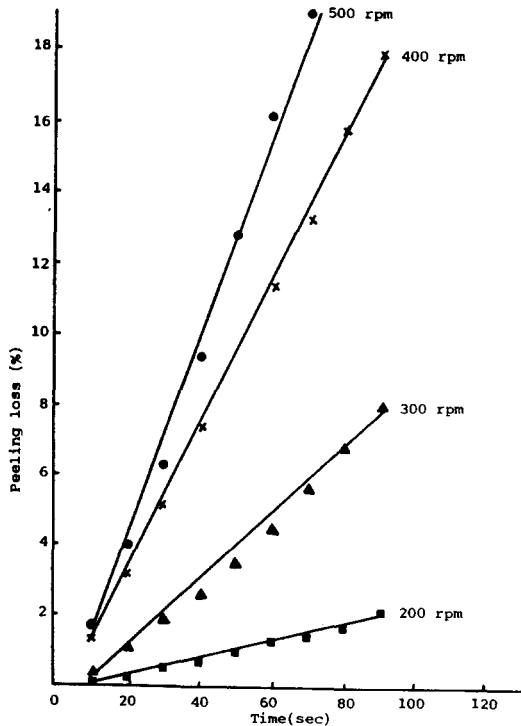


Fig. 1. Relationship between mechanical peeling time and peeling loss of potato at different rotational speed of abrasive disk

고구마는 0.5~0.74, 당근의 0.48~0.58범위이었다. 시료의 평균 개당 중량은 감자의 경우 72~147g, 고구마 67~104g, 당근 62~103g의 분포를 나타내었다. 감자, 고구마, 당근의 기계적 탈피에서 개당 중량과 구형도가 같을때 탈피손실(Y)은 탈피시간(X)과 직선적인 관계를 나타내었으며 $(Y=aX+b)$, 최소자승차이법에 의한 b 값은 감자의 경우 -0.21~1.44, 고구마의 경우 -0.48~-0.80, 당근의 경우 -0.2~0.37로서 거의 원점을 지나는 직선으로 추산할 수 있었다. 그림 1은 감자의 경우 여러가지 탈피기 회전속도(rpm)에서 탈피시간에 따른 탈피손실을 나타내고 있다. 고구마와 당근도 같은 직선적인 관계를 나타내었다. 회전판의 회전속도에 따른 탈피시간당 탈피손실 즉 탈피효율(a)은 표1과 같다. 탈피효율은 회전판의 속도 200~500rpm 범위에

Table 1. Peeling efficiency(% per sec) of mechanical peeler at different rotational speed

Rotational speed(rpm)	Potato	Sweet potato	Carrot
200	0.02	0.14	0.12
300	0.09	0.21	0.26
400	0.20	0.29	0.36
500	0.28	0.50	0.55

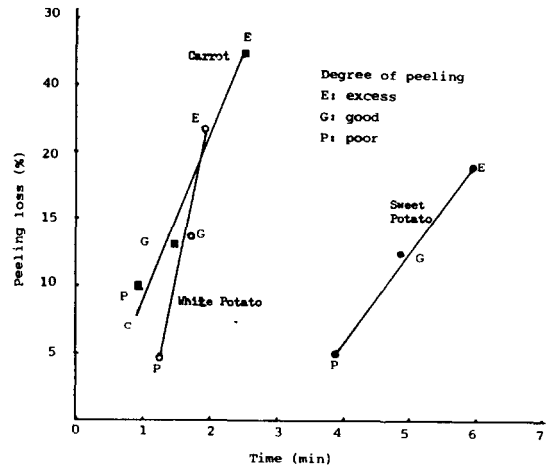


Fig. 2. Effect of time for alkali treatment on the peeling loss of potato and carrot (constant weight and sphericity, potatoes: 10% NaOH soln, B. P., carrot: 6% NaOH soln, B. P.)

서 거의 직선적으로 증가하였다. 본 연구에서 사용한 연마형 회전식 탈피기에서의 최적조건은 감자의 경우 300rpm에서 90초, 고구마는 300rpm에서 70초, 당근의 300rpm에서 60초 이었으며, 이들 조건에서 탈피손실은 각각 8%, 14% 및 15%이었다. 회전판의 회전속도가 400rpm 이상이 되면 파동운동이 커져서 시료가 튀기어 지거나 과육이 심하게 파손 제거되는 현상이 관찰되었다. 동일한 개당 중량일때 구형도가 1보다 작아질수록 시료의 종류에 관계없이 탈피손실은 커짐을 알 수 있었다. 감자, 고구마, 당근의 구형도가 0.1 증가함에 따라 탈피손실은 각각 0.8, 3.5, 4% 정도 감소됨을 나타내었다.

한편 구형도가 동일할때 개당 중량이 클수록 탈피손실이 작아지는 경향이 있으나 시료의 종류에 의한 영향이 또한 크게 작용함을 알 수 있었다. 감자, 고구마, 당근의 개당 중량이 10g 증가함에 따라 탈피손실은 각각 0.6, 5.2, 7% 감소함을 나타내었다.

알카리 탈피

그림 2는 알카리 침지 시간에 따른 탈피손실의 관계를 나타내는 것으로 최적 침지시간은 감자에서 90초, 당근은 60초이었으나 고구마는 표피조직이 알카리 용액에 녹지 않는 물크 층으로 되어 있어 300초 정도 요구되었다. 시료의 구형도가 0.1 증가하면 감자, 고구마, 당근의 탈피손실은 각각 0.5, 0.3, 1.4%씩 감소하는 경향을 나타내었으며, 개당 중량이 10g 증가하면 탈피손실은 감자, 고구마, 당근에서 각각 0.3, 0.4, 0.3% 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 Adams등(4)의 보고와 일치하는 것이다.

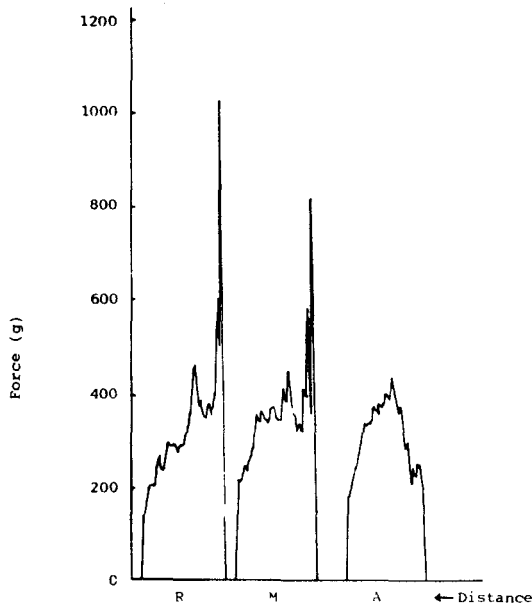


Fig. 3. A typical force-distance curve of potato obtained by cutting test using Rheometer (Thickness:15mm, width:10mm, R;raw, M:m-echanical peeling, A:alkali peeling)

표피조직의 변화

그림 3은 감자의 절단시험에서 얻은 force-distance 곡선을 보여 주고 있다. 껍질이 있는 원료 감자(그림3, R)는 peridermal 부위가 1030g force에 상당하는 높은 절단력을 보이고 cortex 부위에서는 300~400g force의 전단력을 나타내다가 vascular ring을 넘어서 내부 과육에서는 200g force 수준의 낮은 절단력을 나타낸다. 그림4a는 광학현미경으로 관찰된 감자의 peridermal부

위의 사진으로 두꺼운 외피층을 볼 수 있다. 그림4b는 internal cortex 안쪽의 vascular ring 부위 사진으로 감자 세포내에 여러개의 구형의 전분 입자들이 들어 있음을 볼 수 있다.

기계적 탈피(그림3, M)에 의하여 벗겨진 표면의 절단력은 다소 감소하여 800g force 수준으로 연화되었으며 그 내부조직은 300~400g force 수준으로 그대로 남아있다. 한편 알카리 탈피(그림3, A)에 의하여 외피 부분의 높은 절단력이 없어지며 vascular ring 내부까지 200g force 수준으로 연화됨을 알 수 있다. 이러한 현상은 그림 4d와 4e에서 볼 수 있는 것처럼 알카리 탈피에 의하여 벗겨진 표면은 상당한 깊이까지 세포속의 전분입자들이 호화(gelatinization) 되어 있다는 사실로 설명될 수 있다. 그림 4e는 알카리 탈피에 의하여 벗겨져 노출된 cortex 부위의 세포 하나를 보여주고 있는데 전분 입자들이 세포내에서 호화되어 뜨개실을 형클어 놓은 것과 같은 구조를 갖고 있음을 볼 수 있다.

그림 5는 고구마의 절단시험에서 얻은 force-distance 곡선이다. 감자와는 판이하게 다른 형태의 곡선을 보여 주고 있다. 원상태의 고구마 시료(그림 5, R)의 외피 절단력은 800g force에 못 미치는 낮은 값을 나타내나 laticifer와 cambium 부위를 지난 내부조직 xylem element는 외피보다 훨씬 단단하여 1500g force 수준의 절단력을 나타내고 있다. 기계적 탈피에 의하여 벗겨진 표면의 절단력은 원래 외피에 비하여 크게 변하지 않았으며 내부조직도 1400g force 수준으로 크게 연화되지 않았다. 그러나 알카리 탈피에 의하여 벗겨진 표면은 크게 연화되어 200g force 수준으로 감소되었으며 내

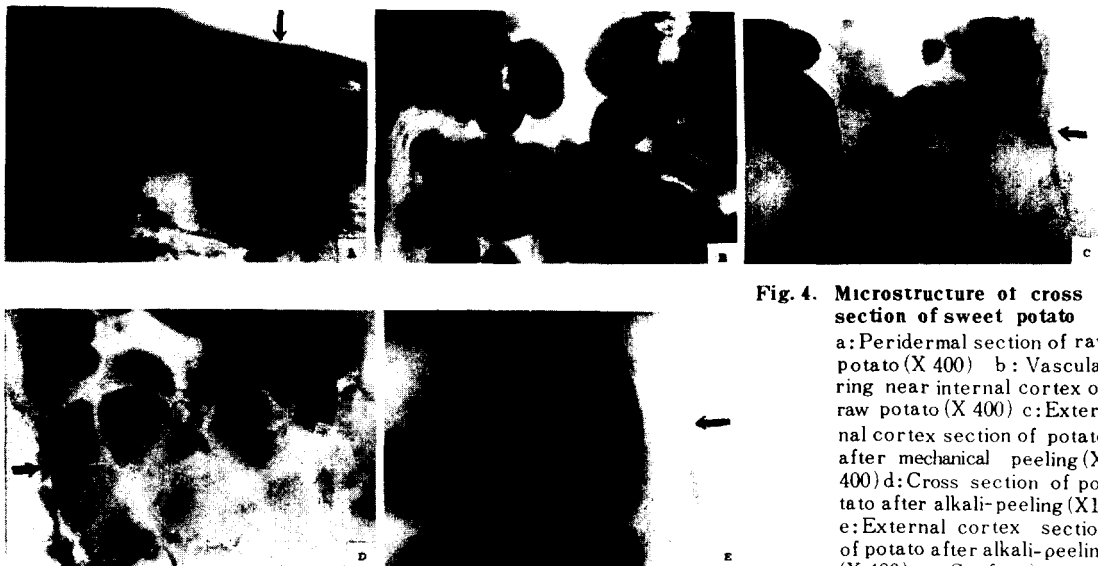


Fig. 4. Microstructure of cross section of sweet potato
 a: Peridermal section of raw potato (X 400) b: Vascular ring near internal cortex of raw potato (X 400) c: External cortex section of potato after mechanical peeling (X 400) d: Cross section of potato after alkali-peeling (X100) e: External cortex section of potato after alkali-peeling (X 400) → : Surface

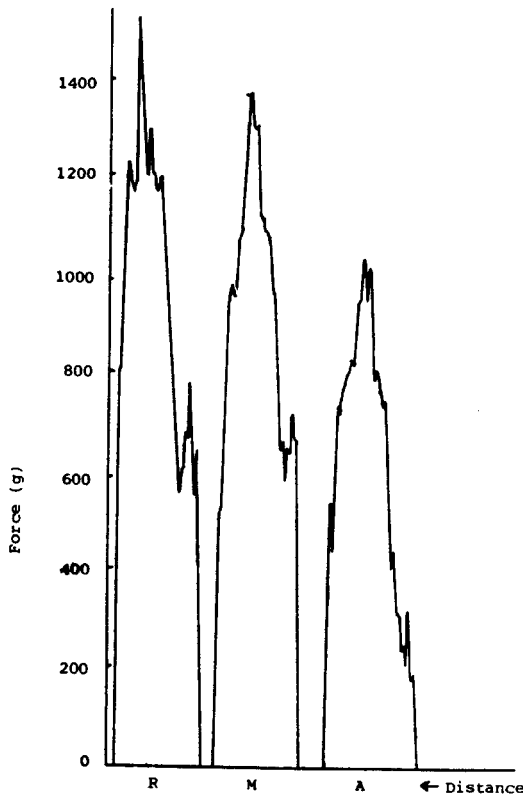


Fig. 5. Typical force-distance curve of sweet potato obtained by cutting test using Rheometer (Thickness; 15mm, width; 10mm, R; raw, M; mechanical peeling, A; alkali peeling)

부조직도 많이 연화되어 1000g force 수준으로 저하되었다. 이것은 특히 고구마의 알카리 탈피가 감자에 비하여 장시간(300초) 처리된데에 기인하는 것으로 생각된다.

그림 6은 탈피조작에 따른 고구마의 표면 구조변화를 보여주는 것으로 감자의 경우에서 처럼 기계적 탈피에 의하여 peridermal 부위 외피(그림 6, a)가 제거되고 laticifer 부위가 노출되나 세포내 전분입자는 크게 손상되지 않고 있음을 보여주고 있다(그림 6, b). 그러나 알카리 탈피에 의하여 표면에서 부터 상당한 깊이까지 세포내 전분입자들이 호화되어 있음을 알 수 있다(그림 6, c).

그림 7은 당근의 절단시험에서 얻은 force-distance 곡선을 나타내는 것으로 감자나 고구마와는 또 다른 특징적인 모양을 나타내고 있다. 당근의 표피는 1200g force 수준의 절단력을 나타내며 cortex부위에서 400~500g force의 낮은 값을 나타내다가 내부 xylem core에서는 다시 단단하여 짐을 알 수 있다. 기계적 탈피(M)에 의하여 외피의 절단력은 다소 감소하나 내부 육질의 조직감은 거의 변화가 없다. 알카리 탈피에 의하

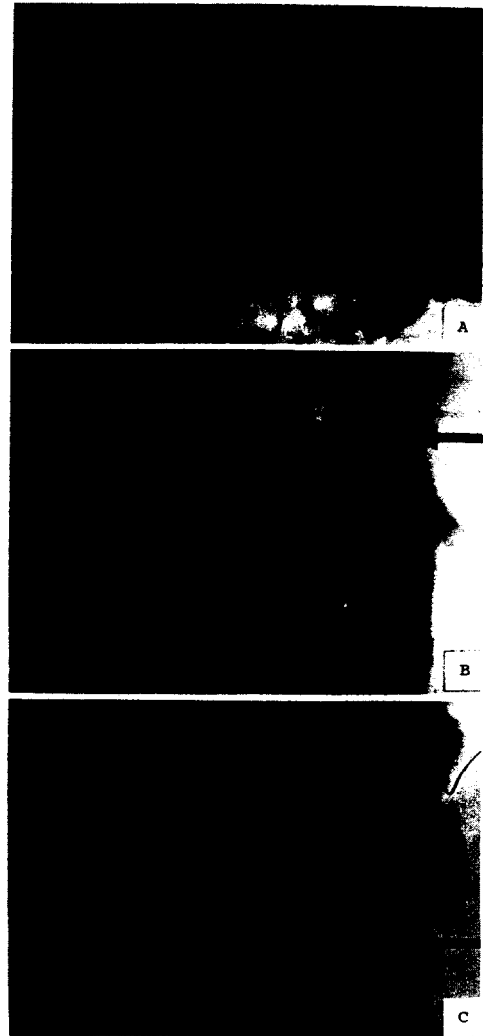


Fig. 6. Microstructure of cross section of sweet potato

- a : Cross section of raw sweet potato
- b : Laticifer section of sweet potato after mechanical peeling (X 400)
- c : Cross section of sweet potato after alkali-peeling (X 100)
- : Surface

여 외피의 절단력은 다소 약화되나 내부 육질의 조직감 변화는 거의 없는 것이 특징이다. 이러한 현상은 그림 8의 미세구조로서 설명될 수 있다.

원상태의 당근(그림 8, a)이 가지고 있는 얇은 peridermal 부위의 외피가 기계적 탈피(그림 8, b)에 의하여 제거되는 이들 cortex 세포내에는 전분입자가 대단히 적게 포함되어 있다(그림에서 검은반점이 전분입자라고 생각됨). 따라서 알카리 탈피에 의한 내부세포의 구조적 변화가 크게 눈에 띄지 않음을 알 수 있다(그림 8, c).

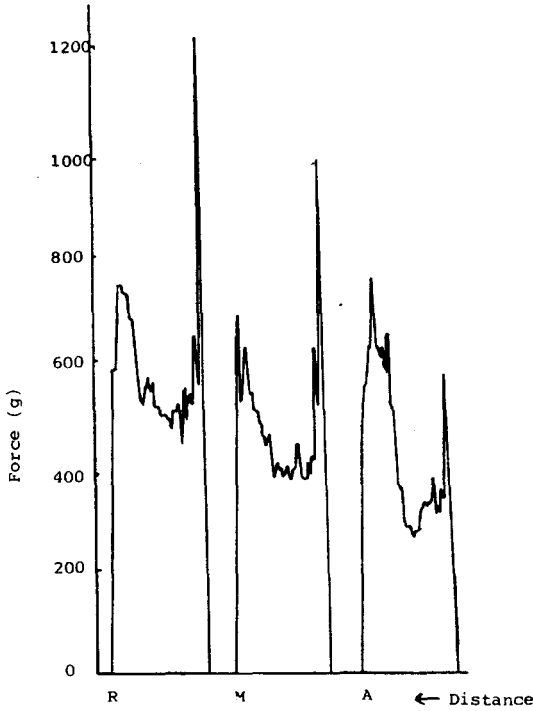


Fig. 7. A typical force-distance curve of carrot obtained from cutting test using (Thickness; 15mm, width; 10mm, R; Raw, M; mechanical peeling A; alkali peeling)

결론적으로 감자와 고구마의 알카리 탈피에 의한 표면 조직이 연화현상은 주로 표면 세포벽의 구조변화와 함께 세포내부의 전분입자들의 호화현상에 기인한다고 판단된다.

요 약

탈피 방법에 따른 감자류와 당근의 탈피효율과 제품의 품질을 연구하였다. 재료의 구형도와 중량이 탈피효율에 미치는 영향을 조사하였으며, 탈피 후에 표피 조직감의 변화를 Rheometer로 측정하고 세포조직의 변화를 비교하였다. 연마형 회전식 기계적 탈피의 조건은 감자는 300rpm에서 90초, 고구마는 300rpm에서 70초, 당근은 300rpm에서 60초 이었다. 탈피 손실율은 재료의 구형도와 중량에 의해 영향을 받았다. 알카리 탈피의 최적조건은 10% NaOH 끓는 용액에서 감자는 90초, 고구마는 300초 이었으며 당근은 6% NaOH끓는 용액에서 60초 이었다. 탈피에 의한 표피 조직감의 변화는 Rheometer의 절단력 실험에 의해 명확히 나타났고, 이것은 광학현미경을 이용하여 관찰된 표피 조직 변화현상으로 설명될 수 있었다. 알카리 탈피에서 일어나는

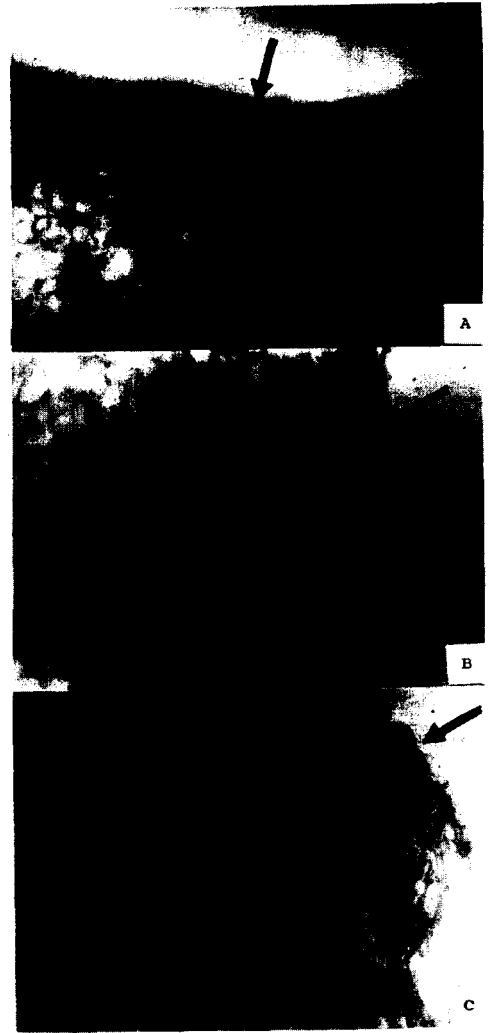


Fig. 8. Microstructure of cross section of carrot
 a : Cross section of raw carrot (X 100)
 b : External cortex of carrot after mechanical peeling (X 100)
 c : External cortex near peridermal of carrot after alkali peeling (X 100)
 → : Surface

표피 조직의 변화현상은 표면 세포내의 전분입자의 호화와 밀접한 관계가 있음을 알 수 있었다.

문 헌

1. Sijbring, P. H. : *Food Trade Review* (U. K.) **39**, 41 (1969)
2. Powers, M. J., Adams, H. W., and Iritani, W. M.: *J. Food Sci.*, **42**, 784 (1977)

3. Graham, R. P., Huxsoll, C. C., Hart, M. R., Weaver, M. L. and Morgan, A. I. Jr. : *Food Technol.*, 27, 40 (1973)
 4. Lee, C. Y. and Downing, D. L. : *Food Technol.*, 27, 40 (1973)
 5. Brown, H. E., Meredith, F. I., Saldana, G. and Stephens, T. S. : *J. Food Sci.*, 35, 485 (1970)
 6. Greig, W. S. and Manchester, A. C. : *Cost of Peeling Potatoes by Lye and Abrasive Methods*, U. S. D. A. Report No. 255 (July 1958)
 7. Mohsenin, N. N. : *Physical Properties of Plant and Animal Materials*, Gordon and Breach Sci. Publ. (1978)
 8. Adams, H. W., Hickey, F. D. and Willard M. J. Jr. : *Food Technol.*, 14, 1 (1960)
- (1984년 6월 7일 접수)