KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL. Vol. 37, No. 3, pp. 372~376 (2005)

KOREAN JOURNAL OF
한국식품과학회지
FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY
©The Korean Society of Food Science and Technology

임계 열처리 조건에서 후지 사과의 호흡 및 품질 특성

서자영 · 김은정 · 홍석인 · 박형우 · 김동만*
한국식품연구원

Respiratory Characteristics and Quality of *Fuji* Apple Treated with Mild Hot Water at Critical Conditions

Ja-Young Seo, Eun-Jeong Kim, Seok-In Hong, Hyung-Woo Park, and Dongman Kim*
Korea Food Research Institute

Respiratory characteristics and quality of *Fuji* apple were investigated at critical conditions for dipping treatment in mild hot water (40-65°C) to extend freshness. Dipping treatment conditions under which no damages occurred in peel and flesh of apples stored at 0°C for 1 month after treatment were: 180 min at 40°C, 60 min at 45°C, 45 min at 50°C, 3 min at 55°C, 1 min at 60°C, and 20 sec at 65°C. Internal carbon dioxide concentrations of apples drastically increased immediately after treatments at 40, 45, and 50°C, then decreased to normal level 1 day after treatment at 0℃. Although internal oxygen concentration of apples showed reversed trend to internal carbon dioxide, no significant differences were observed in concentrations of carbon dioxide and oxygen during storage after treatment of apples at 55, 60, and 65°C. Concentration of internal ethylene of apples treated at 40, 45, and 50°C increased, similarly to that of carbon dioxide upon heat treatment, then, during storage, decreased to below levels of control and apples treated at 55, 60, and 65°C. Firmness of apples treated at 45 and 50°C were 6.42 and 10.53% higher than that of control at 0°C after 7 days after treatment.

Key words: *Fuji* apple, mild heat treatment, critical condition, internal gas concentration, quality

서 론

과일은 수확 후 바로 저장되거나 선별, 포장되어 소비자에게 판매, 가공되기까지 시간의 경과에 따라 수많은 요인에 의해 품질이 저하된다. 이러한 요인에는 과일에 오염된 곰팡이나 기타 병균, 쥐나 해충, 저장 중 부적절한 온·습도, 취급부주의에 의한 조직손상 및 과일 자체의 생리작용 등이 있다. 특히 수확직후 과일 내부의 생리작용에 의한 후숙이 진행됨에 따라 품질열화 및 연화 현상을 보이며, 이로 인해 저장력이 저하된다. 이중 과일의 후숙을 유기하는 물질인 에틸렌의 생합성은 수확 후 과일의 호흡작용을 증가시켜 저장 수명을 저하시키고 결과적으로 상품적 가치 손실을 초래하는 대표적 원인이다(1).

사과는 아보카도, 배, 복숭아, 키위 등과 같이 에틸렌 생성율이 높은 climacteric형 과일로서 장기간 저장을 위해서는 에틸렌 생성의 억제가 필요한 과일이다. 최근 사과의 수확 후 에틸렌 발생 저해를 위하여 1-methylcyclopropene(2,3), tropolone이나 hinokitiol(4), 저장고내 CO_2 및 O_2 조절을 이용한 처리(5), 열처리 등이 연구되고 있다. 이중 열처리는 최근 과일의 숙성조절 및 과육의 연화 억제, 해충 및 미생물 제어에도 효과가 있는 것으로 보고되고 있으며, 종래의 화학적 처리법에 비해 안전하며 경제적인 수확 후 처리 방법으로 알려져 있다(6-9). 특히 열수처리는 열풍처리에 비해 매체로의 열전달이 빠르고 해충제어에도 효과적인 것이어서 상업적인 적용이 확대되고 있는 열처리 방법이다(10). Smith와 Lay(11)는 Royal Gala종 사과를 44-46°C의 열수에서 35분 처리하여 7주간 저장 시 에틸렌 생성율이 대조구보다 낮았다고 보고하였으며, Lurie 등(12,13)은 사과를 열처리한 결과 Golden Delicious와 Granny Smith종은 대조구보다 연화가 덜 하였으며, Anna종은 대조구보다 단백질 합성과 에틸렌 생성, 과일의 연화가 저해되어 수확 후 저장 동안 대조구보다 Shelf-life가 연장되고, 이에 따라 후숙이 느리게 진행되었다고 하였다. Fallik 등(14)도 Golden Delicious종 사과를 열처리하였을 때 대조구보다 에틸렌 생성율과 호흡율이 낮았다고 보고한 바 있다. 사과의 열처리 시 열처리 방법, 처리온도 및 시간에 따른 반응은 품종에 따라 많은 차이를 보이는데(13,15) 국내에서 생산량이 가장 많은 후지 사과의 경우 열처리에 대한 자료는 전무한 실정이다. 이에 본 연구에서는 후지사과의 중온 열수 처리를 통한 품질 개선을 위한 기초연구로 처리온도 및 시간과의 임계 조건을 구명하였고, 각 임계 조건에서 처리한 직후 사과의 호흡 및 품질 특성을 조사하였다.

*Corresponding author: Dongman Kim, Korea Food Research Institute, San 46-1, Baekhyun-dong, Bundang-ku, Seongnam-si, Kyunggi-do 463-746, Korea
Tel: 82-31-780-9140
Fax: 82-31-780-9165
E-mail: dmkim@kfri.re.kr

재료 및 방법

재료

경북 청송군에서 2002년 적기에 수확한 *Fuji* 품종의 사과(중량 285-360 g)를 산지에서 구입하여 0.0±0.5°C로 유지되는 저온저장고에 보관하면서 필요시 선별 후 사용하였다.

임계 조건 설정을 위한 열수처리 및 외관검사

열처리 임계 조건은 사과를 각 조건에서 열처리한 직후 및 처리 후 1개월 저장 시까지 사과 과피에서 갈변이 발생치 않는 점으로 설정하였다.

사과를 설정온도±1°C로 유지되는 항온조(DW101, 도성과학)에 전체가 잠기도록 담근 후 40, 45, 50, 55, 60 및 65°C에서 일정시간 간격별로 처리하였다. 40°C에서 처리시간은 60, 120, 180 및 240분이었고 45°C에서는 30, 60, 90 및 120분, 50°C에서는 5, 15, 25, 35 및 45분이었다. 55°C에서 처리시간은 1, 3, 5 및 7분, 60°C에서는 1, 2, 3 및 4분, 65°C에서는 10, 20, 30, 40 및 50초였다. 각각의 조건에서 처리한 사과는 상온에서 1시간 건조시키고 남은 물기를 닦아 낸 다음, 지름 5 mm 크기의 구멍이 5 cm 간격으로 난 폴리에틸렌 지퍼백에 담아 0.0±0.5°C 저온저장고에 보관하면서 외관 조사에 사용하였다. 외관검사시 과피의 갈변 발생유무는 5명의 평가원에 의해서 육안으로 판정하였으며 대조구로는 열처리하지 않은 사과를 사용하였다.

임계 조건에서의 열수처리

임계 조건에서의 호흡 및 품질특성 조사를 위하여 사과를 각 온도별 결정된 임계시간, 40°C에서 180분, 45°C에서 60분, 50°C에서 45분, 55°C에서 3분, 60°C에서 1분, 65°C에서 20초 동안 열수 처리하였다. 처리한 사과는 상온에서 1시간 건조시키고 남은 물기를 닦아 낸 다음, 지름 5 mm 크기의 구멍이 5 cm 간격으로 난 폴리에틸렌 지퍼백에 담아 0.0±0.5°C 저온저장고에 보관하면서 처리 7일 후까지 호흡 및 품질특성 조사에 사용하였다.

열처리 시 사과의 내부 품온 조사

열처리 시 사과 내부의 품온 측정은 Thermosensor(TR-52, T&D Co., Japan)를 이용하였는데, 측정부위는 과심의 중앙부위(Center: C)와 과육의 중간부위(Flesh: F)이었다.

에틸렌, 탄산가스(CO_2) 및 산소가스(O_2) 농도 측정

사과 내부의 탄산가스, 산소가스 및 에틸렌가스 농도 측정을 위하여 Gas tight syringe(MR-GT, SGE Co., Australia)를 대기중에서 사과의 꽃받침으로부터 중심 공극까지 삽입한 후, 이를 수중으로 옮겨 내부공기를 200 μL 취하였다. 채취한 내부 공기는 Fallik 등(14)의 방법을 변형하여 측정하였는데, 탄산가스와 산소가스 측정을 위한 GC(GC-14A, Shimazu, Japan)의 분석조건은 column: CRT-I(Alltech Co., USA), detector: TCD, column temp.: 35°C, detector temp.: 60°C, carrier gas: He(50 mL/min)이었고, 에틸렌 측정을 위한 GC(HP5890, HP Co., USA)의 분석조건은 column: HP-PLOT 5(HP Co., USA), detector: FID, column temp.: 170°C, detector temp.: 210°C, carrier gas: He (10 mL/min)이었다. 산소, 탄산가스 및 에틸렌 가스의 정량은 각 표준가스를 이용하여 정량 곡선을 작성하고 이를 기준으로 농도를 산출하였다.

경도

사과의 경도는 Instron(Model 1140, Instron Co., USA)을 이용하여 Back extrusion test를 행하였다(16). Back extrusion test에 사용된 plunger의 직경은 64 mm였고 시료를 담는 tube의 내경은 74 mm, 깊이는 80 mm였으며 load cell의 최대 값은 500 kgf였다. 시료는 5개의 사과를 8등분한 후 이로부터 각각 1조각씩을 취한 5조각을 사용하였다. 경도는 plunger가 tube내 70 mm까지 내려가는 동안 나타내는 피크의 최대치로 3회 반복 측정한 값의 평균치로 나타내었다.

성분 분석

열처리에 따른 사과의 적정 산도, pH 및 가용성 고형분 함량 변화를 측정하였다. 분석시료는 경도를 측정하고 남은 나머지 사과 절편을 mixer(Jam-505, 제우전자, Korea)로 마쇄한 후 일정량을 취해 사용하였다. 적정산도는 시료 10 g을 증류수 20 g으로 희석한 액에 0.1 N NaOH를 가하여 pH 8.2가 될 때까지 소비된 양을 malic acid로 환산하여 나타내었다. 가용성 고형분 함량은 굴절 당도계(PR-32, Atago Co., Japan)로 측정하여 °Brix로 나타내었고, pH는 pH meter(MP-220, Metler Toledo Co., Switzerland)로 측정하였는데, 각 항목의 값은 3회 반복 측정치의 평균값으로 나타내었다.

결과 및 고찰

후지 사과의 열처리 임계 조건

사과를 중온의 물에 침지하여 열처리하면 어느 조건 이상에서는 과피에서 갈변 현상이 발생하는데(15) 본 연구에서는 이러한 현상이 나타나기 직전의 열처리 조건을 임계조건으로 설정하였다.

Fig. 1은 열처리 시 온도와 시간의 관계에 따른 사과 과피의 갈변 임계시점을 나타낸 것으로 A는 과다한 열처리 장해로 과피에서 갈변현상을 보인 영역을 의미하며, B는 임계 시점 이하로 과피의 갈변이 발생하지 않았던 영역을 의미한다. 영역 A와 영역 B 사이의 임계 시점은 40°C에서 180분, 45°C에서 60분, 50°C에서 45분, 55°C에서 3분, 60°C에서 1분, 65°C에서 20초였다. 이러한 결과는 사과의 열처리 시 낮은 열처리온도에서

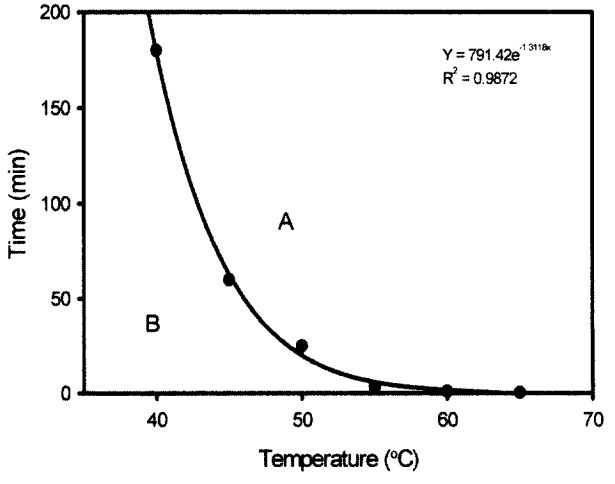

Fig. 1. Critical time not showing the peel browning during hot water treatment of *Fuji* apples at different temperature.
A: browning part, B: non-browning part.

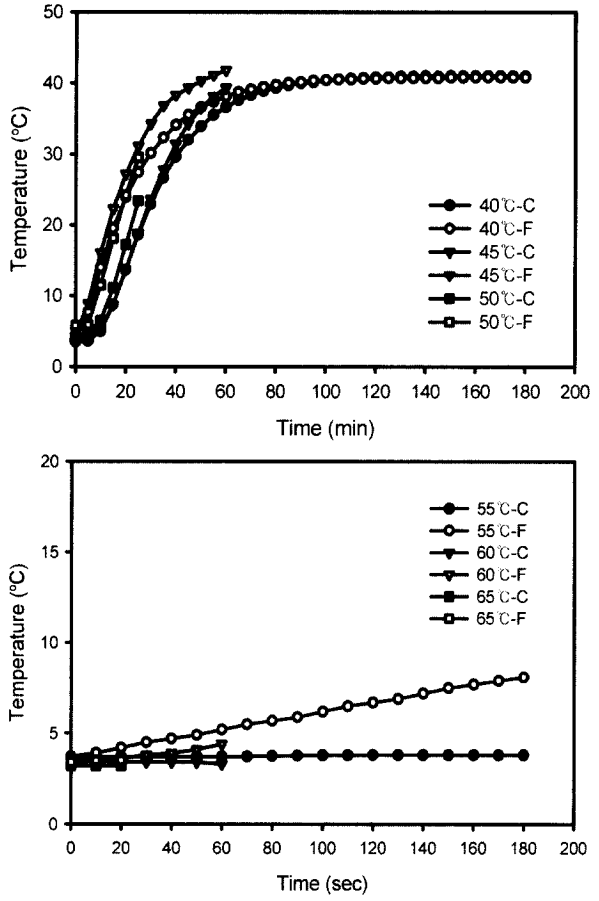

Fig. 2. Changes in inner temperature of *Fuji* apples during heat treatments in water at different temperature.
C: Center, F: Flesh.

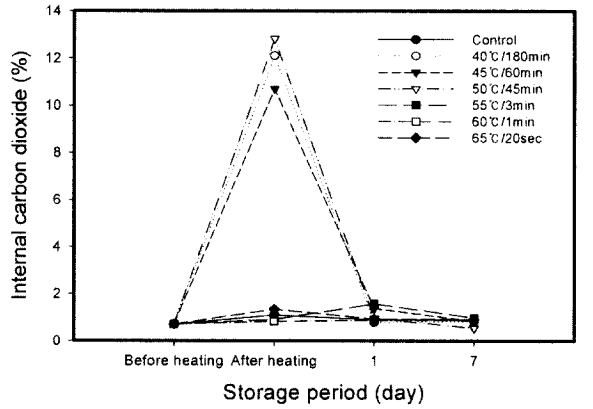

Fig. 3. Changes in internal carbon dioxide concentration of *Fuji* apples by heat treatment at critical conditions and storage at 0°C.

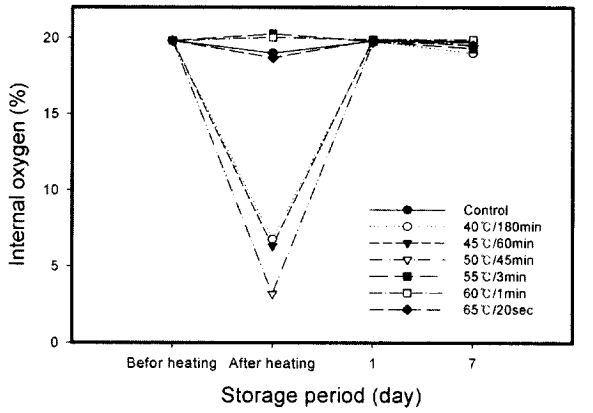

Fig. 4. Changes in internal oxygen concentration of *Fuji* apples by heat treatment at critical conditions and storage at 0°C.

는 임계 열처리 시간이 길어지고, 처리온도가 높아짐에 따라 그 시간은 단축되는 것을 의미하는 것으로 임계조건에 대한 온도와 시간과의 관계를 수식화하면 상관계수가 높은(r^2 = 0.9872) 지수함수로 나타낼 수 있었다. Smith와 Lay(11)는 2곳의 과수원에서 시기별로 수확한 Royal Gala종 사과를 44-46°C의 온도에서 35, 40 및 45분 처리 시 과수원 및 수확시기에 따라 과피 갈변의 진행정도는 달랐으며, 갈변 현상이 일어난 사과의 경우 과피 및 과육의 1-2 mm 정도가 부분적 갈변현상이 있었다고 하였다. 그러나, 본 실험의 처리 온도와 시간에 따라 과피의 갈변 발생정도는 각각 달랐으나 갈변은 과피 부위에만 발생하였고 과피 및 과육에서는 갈변현상이 나타나지 않았다. Lurie와 Klein(17)은 Golden Delicious종을 38°C에서 열풍처리 시 과피에서 chlorophyll의 급격한 감소를 나타내었었으나 처리 후 저장 시 chlorophyll의 변화가 없었다고 하였다.

열처리 중 사과 내부 온도변화

각 온도에서 임계시간으로 가열 처리 시 사과의 품온 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 40°C에서 사과의 품온은 과심이 100분, 과육은 80분 후에 처리 수온과 동일한 온도에 도달하였으며 그 이후 임계시간 180분까지는 평형상태를 유지하였다. 45°C에서 임계시간은 60분이었는데 임계시간까지 과심은 39.3°C, 과육은 41.8℃로 처리수온에 도달하지 못하였다. 50°C에서 처리 시 임계시간은 25분이었고, 이때 과심과 과육의 온도는 각각 23.4℃, 29.5℃이었다. 한편 55, 60 및 65°C에서 각각의 임계시간은 3분, 1분, 20초였으며, 55°C와 60°C 처리 시 임계 시간까지 과육의 온도가 각각 8.1°C, 4.4°C로 상승되었고, 그 외의 처리 온도와 측정 부위에서는 과심과 과육의 온도는 변화되지 않았다. 이는 이 온도 범위에서 임계 처리 시간이 매우 짧음으로 열이 과피 부위만 전달되고 내부의 온도 측정 부위까지는 미치지 못했기 때문으로 사료된다.

열처리가 사과 내부의 탄산가스 및 산소가스 농도에 미치는 영향

열처리 시 사과 내부 공기의 탄산가스농도 변화를 Fig. 3에 나타내었다. 40, 45 및 50°C에서 처리한 사과의 경우 처리 전 탄산가스 농도는 0.7%로 처리 직후 10.7-12.8% 급격히 증가한 후 저온에서 1일 저장한 이후부터 감소하였다. 반면 55, 60 및 65°C에서 처리한 경우는 처리 전과 처리 후 탄산가스 농도는 차이를 보이지 않았다. 이는 55, 60 및 65°C에서 처리한 경우 내부 품온 변화가 없었기 때문에 조직 내의 호흡 및 내부 가스 조성도 변화되지 않았던 것으로 판단된다. Fig. 4는 열처리 사과의 내부 산소가스 농도를 나타낸 것으로 탄산가스 농도와 반대 경향을 나타내었다. 처리 전 19.8%의 산소가스 농도가 40, 45 및 50°C 처리의 경우 처리 직후 3.2-6.8%의 낮은 농도를 나타내고 저온 저장 후 다시 증가하여 19.0-19.9%를 나타내었다. 반면 55, 60 및 65°C 처리의 경우 처리전과 처리 후 산소가스 농도는 차이를 보이지 않았는데, 이러한 현상은 탄산가스 농도

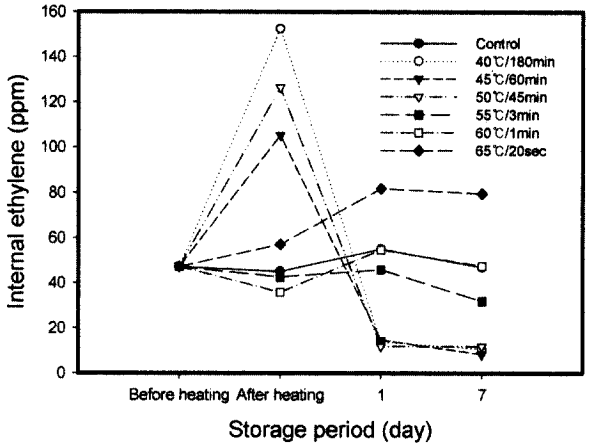

Fig. 5. Changes in internal ethylene concentration of *Fuji* apples by heat treatment at critical conditions and storage at 0°C.

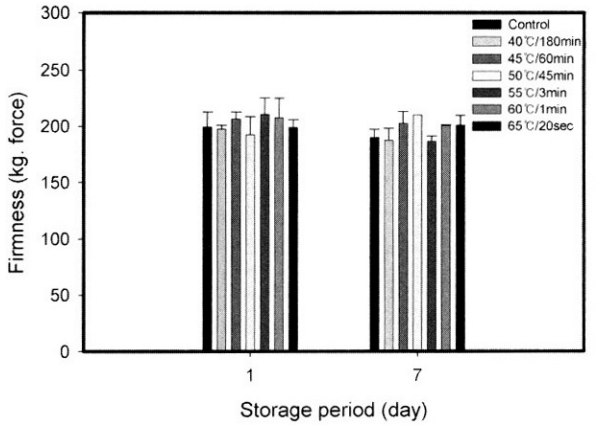

Fig. 6. Firmness of *Fuji* apples heat-treated at critical conditions after storage at 0°C.

와 마찬가지로 열처리 시 열이 조직 내부에 영향을 미치지 않았고 이에 따라 호흡의 변화가 미미하였기 때문으로 판단된다.

열처리가 사과 내부의 에틸렌 농도에 미치는 영향

열처리전과 처리 후 사과 내부의 에틸렌 농도 변화를 Fig. 5에 나타내었다. 처리 전 사과 내부의 공기 중 에틸렌 농도는 47.2 ppm이었으며, 40, 45 및 50°C 온도에서 열처리한 사과의 경우 처리직후 에틸렌 농도는 105.2-152.5 ppm으로 급격히 상승하였고 저온 저장 중 다시 감소하여 처리 1일후부터 처리 7일까지 8.3-14.6 ppm의 범위를 나타내었는데, 이는 대조구 47.0-55.0 ppm보다 낮은 수치였다. 55, 60 및 65°C에서 열처리한 사과의 경우 처리직후 에틸렌 농도는 35.8-57.1 ppm의 범위로 대조구의 45.1 ppm과 차이가 없었으나, 저장 중에는 다소 증가하여 7일후에는 65°C 경우 79.5 ppm으로 대조구에 비해 다소 높았고, 55°C와 60°C 처리는 각각 31.8 ppm, 47.5 ppm으로 대조구와 비슷하거나 낮은 값을 나타내었다. Lurie와 Klein(18)은 사과를 38°C에서 4일 열풍처리 하였을 때 초기 1시간에 ethylene-forming enzyme(EFE) activity가 상승되었으나 이후 낮은 활성을 유지하였으며, Atta와 Mordy(19)도 토마토를 35°C에서 24시간 처리 시 ACC의 합성과 ACC의 ethylene전환이 저해되었다고 보고하였다.

경도

Fig. 6은 열처리에 따른 사과의 경도 변화를 나타낸 것이다. 40, 45 및 50°C 열처리 사과의 경우 처리 1일에 각각 197.5 kgf, 206.5 kgf, 192.5 kgf로 대조구 199 kgf와 차이가 없었으나 처리 7일후 187.5 kgf, 202.5 kgf, 210 kgf로 45°C, 50°C 처리의 경우 대조구 190 kgf보다 각각 6.42%, 10.53%정도 높은 경도를 나타내었다. 55, 60 및 65°C 열처리 사과의 경우, 처리 1일후 210.5 kgf, 207.5 kgf, 199 kgf로 대조구 199 kgf보다 다소 높은 경도를 나타내었고, 처리 7일후 186.5 kgf, 200.5 kgf, 201 kgf로 60°C와 65°C 처리가 대조구 190 kgf보다 각각 5.53%, 5.79% 높은 경도를 나타내었다. Fallik 등(14)은 50-65°C에서 15초간 열수 처리한 사과 중 55°C에서 처리한 경우가 대조구나 다른 처리구보다 경도가 높았음을 보고한 바 있는데 Ben-Shalom 등(20)은 이러한 현상은 열처리에 의해 세포벽에서 galacturonic acid의 분해가 부분적으로 저해되었기 때문인 것으로 추정하였다.

성분 변화

열처리 시 사과의 pH, 적정산도 및 가용성 고형분 함량 등 성분변화를 대조구와 비교한 결과를 Table 1에 나타내었다. pH의 경우 처리 1일에 대조구가 4.19, 열처리구가 4.13-4.29의 범위에서 관찰되었으며, 처리 7일에 대조구가 4.29, 열처리구가 4.14-4.38의 범위로 대조구와 처리구 모두 증가하는 경향을 나

Table 1. Comparison of pH, titratable acidity and soluble solids content of *Fuji* apples heat-treated at critical conditions after storage at 0°C

Treatment	Storage period (day)					
	1			7		
	pH	TA(%)[1)]	°Brix	pH	TA(%)	°Brix
Control	4.19±0.14	0.46±0.03	12.30±0.47	4.29±0.02	0.42±0.03	12.00±0.14
40°C	4.21±0.01	0.48±0.00	13.30±0.14	4.28±0.01	0.39±0.01	11.90±0.00
45°C	4.19±0.01	0.50±0.03	14.35±0.07	4.30±0.00	0.46±0.00	13.70±0.00
50°C	4.29±0.06	0.44±0.00	11.90±0.14	4.30±0.07	0.44±0.00	10.90±0.28
55°C	4.18±0.06	0.48±0.00	11.95±0.35	4.38±0.01	0.36±0.00	12.10±0.14
60°C	4.13±0.03	0.52±0.01	13.10±0.00	4.14±0.01	0.52±0.03	13.50±0.14
65°C	4.20±0.04	0.50±0.03	13.35±0.02	4.34±0.02	0.42±0.00	12.60±0.14

[1)]Titratable acidity.

타내었다. 적정산도는 처리 1일 후에 대조구가 0.46%였으며, 40, 45 및 50℃ 열처리 사과가 각각 0.48, 0.50 및 0.44%로 50℃를 제외하고는 처리구가 대조구보다 높은 값을 나타내었다. 처리 7일 후에는 각각 0.39, 0.46 및 0.44%로 40℃를 제외하고는 대조구 0.42%보다 높은 값을 보였으며, 시간 경과에 따라 전반적인 감소 경향을 나타내었다. 55, 60 및 65℃ 열처리 사과 또한 처리 1일후 0.48, 0.52 및 0.50%이었으며, 처리 7일 후에는 0.36, 0.52 및 0.42%로 55℃가 대조구보다 낮았고, 60℃는 대조구와 같았으며, 전반적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 가용성 고형분 함량은 저장 초기 11.90-14.35°Brix에서 10.90-13.70°Brix로 감소 경향을 나타내었다. Lurie와 Klein(17)도 38℃에서 4시간 처리 시 사과의 적정산도와 당도가 감소한 결과를 보고하였는데, 이는 내부 유기산들이 호흡 기질로 소모되었기 때문인 것으로 판단된다.

요 약

중온 열처리에 의한 후지 사과의 품질 개선을 위하여 임계 열처리 조건을 설정하였고, 임계 조건에서의 호흡 및 품질 특성을 조사하였다. 후지 사과의 온도에 따른 임계시간은 40℃에서 180분, 45℃에서 60분, 50℃에서 25분, 55℃에서 3분, 60℃에서 1분, 65℃에서 20초였다. 호흡 특성에 대한 연구로 열처리 시 사과 내부의 가스 조성변화를 조사한 결과, 탄산가스 농도는 40, 45 및 50℃의 경우 처리에 따라 급격한 증가 경향을 보인 후 저장 중 다시 감소하였으며, 반면 55, 60 및 65℃ 처리에서는 처리직후부터 7일 후 까지 큰 변화를 나타내지 않았다. 열처리 사과의 산소가스 농도는 탄산가스 농도와 반대 경향을 나타내었다. 에틸렌 농도는 40, 45 및 50℃에서 열처리한 사과의 경우 처리 직후 그 농도가 급격히 상승하였다가 처리 1일 후부터 대조구보다 낮은 값을 나타내었다. 경도는 처리 7일째 45℃ 및 50℃에서 처리한 사과의 경우 대조구보다 각각 6.42%와 10.53%의 높은 값을 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 농림부 농림기술개발사업(20020260)의 지원에 의해 수행한 연구결과의 일부로서 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Lee SK. Postharvest physiology of horticultural crops. Sungkyunsa, Seoul, Korea. pp. 103-151 (1996)
2. Pre-Aymard C, Weksler A, Lurie S. Responses of '*Anna*', a rapidly ripening summer apple, to 1-methylcyclopropene. Postharvest Biol. Technol. 27: 163-170 (2003)
3. Fan X, Blankenship SM, Mattheis JP. 1-Methylcyclopropene inhibits apple ripening. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 124: 690-695 (1999)
4. Mizutani F, Golam Rabbany ABM, Akiyoshi H. Inhibition of ethylene production and 1-aminocyclopropane-1-carboxylate oxidase activity by tropolones. Phytochem. 48: 31-34 (1998)
5. Gorny JR, Kader AA. Regulation of ethylene biosynthesis in climacteric apple fruits by elevated CO_2 and reduced O_2 atmospheres. Postharvest Biol. Technol. 9: 311-323 (1996)
6. Schirra M, D'hallewin G, Ben-Yehoshua S, Fallik E. Host-pathogen interactions modulated by heat treatment. Postharvest Biol. Technol. 21: 71-85 (2000)
7. Leverentz B, Janisiewicz WJ, Conway WS, Saftner RA, Fuchs Y, Sams CE, Camp MJ. Combining yeasts or a bacterial biocontrol agent and heat treatment to reduce postharvest decay of '*Gala*' apples. Postharvest Biol. Technol. 21: 87-94 (2000)
8. Ferguson IB, Ben-Yehoshua S, Mitcham EJ, McDonald RE, Lurie S. Postharvest heat treatments: Introduction and workshop summary. Postharvest Biol. Technol. 21: 1-6 (2000)
9. Dentener PR, Alexander SM, Lester PJ, Petry RJ, Maindonald JH, Mcdonald RM. Hot air treatment for disinfestation of light-brown apple moth and longtailed mealy bug on persimmons. Postharvest Biol. Technol. 8: 143-152 (1996)
10. Fallik E. Prestorage hot water treatments : immersion, rinsing and brushing. Postharvest Biol. Technol. 32: 125-134 (2004)
11. Smith JK, Lay YM. Response of '*Royal Gala*' apples to hot water treatment for insect control. Postharvest Biol. Technol. 19: 111-122 (2000)
12. Lurie S, Nussunovitch A. Compression characteristics, firmness and texture perception of heat treated and unheated apples. Intl. J. Food Sci. Technol. 31: 1-5 (1996)
13. Lurie S, Klein JD. Prestorage heating of apple fruit for enhanced postharvest quality: interaction of time and temperature. HortScience. 27: 326-328 (1992)
14. Fallik E, Sharon Tuvia-Alkalai, Feng X, Lurie S. Ripening characterization and decay development of stored apples after a short pre-storage hot water rinsing and brushing. Innovative Food Sci. Emerging Technol. 2: 127-132 (2001)
15. Kim DM, Smith NL, Lee CY. Apple cultivar variations in response to heat treatment and minimal processing. J. Food Sci. 58: 1111-1114 (1993)
16. Bourne MC, Moyer JC. The extrusion principle in texture measurement of fresh peas. Food Technol. 22: 1013-1018 (1968)
17. Lurie S, Klein JD. Heat treatment of ripening apples: Differential effects on physiology and biochemistry. Physiologia Plantarum 78: 181-186 (1990)
18. Lurie S, Klein JD. Control of apple ripening by high temperatures. Israel J. Botany. 40: 260-261 (1991)
19. Atta A, Mordy A. Effect of high temperature on ethylene biosynthesis by tomato fruit. Postharvest Biol. Technol. 2: 19-24 (1992)
20. Ben-Shalom N, Hanzon J, Lurie S, Klein JD. A postharvest heat treatment inhibits cell wall degradation in apples during storage. Phytochem. 34: 955-958 (1993)

(2004년 10월 19일 접수; 2005년 2월 21일 채택)