

예냉처리가 복숭아(미백)의 품질에 미치는 영향

김병삼* · 김민정 · 최정희
한국식품개발연구원

Effects of Precooling Treatments on the Quality of Peaches (*Mibaek*)

Byeong-Sam Kim*, Min-Jung Kim and Jeong-Hee Choi
Postharvest Technology Research Group, Korea Food Research Institute

Various precooling treatments were applied to prolong the freshness of *mibaek* peaches that were harvested during the summer season. Peaches were cooled from 25.9°C to 5°C within 3 hours by a pressure cooler, and the cooling rate was accelerated by increasing the air velocity and static pressure. Respiration and ethylene production rates of *mibaek* peaches were about four times faster at 20°C than at 7°C, while precooled peaches had better visual quality at 7°C than at 20°C. Also, precooled peaches had higher soluble solid and ascorbic acid content than non-precooled peaches when stored at 7 and 20°C. However, weight loss was lower in precooled peaches than in non-precooled peaches during storage.

Key words: peach, fruits, pressure cooling, precooling, freshness

서 론

복숭아는 수분이 많고 독특한 향기와 감미가 강하여 여름철 생과용으로 알맞을 뿐만 아니라 통조림 가공에도 많이 이용되고 있다⁽¹⁾. 그러나 복숭아는 과육이 연약하여 고온인 여름철에 쉽게 연화되어 저장성이 낮기 때문에 여름철에 생과로 유통하는데 어려움이 많다. 특히 과육의 연화는 복숭아의 생리적 작용들과 밀접한 연관이 있으며 생리적 현상들은 온도와 관계가 깊은 것으로 보고되고 있다^(2,3).

과실의 연화는 세포벽 분해효소의 작용에 의한 것으로 복숭아에서는 세포벽 분해효소인 pectinmethylesterase(PME)와 polygalacturonase(PG)의 활성화에 의해 주로 이루어진다고 알려져 있으며, 세포벽의 변화는 과실의 품질 특성중 조직감의 변화에 가장 큰 영향을 미친 것으로 보고되고 있다^(4,5).

복숭아중에서도 8월 중순~하순 사이에 생산되는 미백 품종은 다른 품종에 비하여 완숙했을 때 조직이 연하고 호흡작용이 왕성하여 상온에서 유통이 3~4일을 넘기기 어렵다. 또한, 10°C 이하의 저온으로 장기 유통시에는 과육의즙량이 적어지고 조직감이 나빠지는 저온장해의 일종인 조직붕괴(woolliness)가 발생하게 된다⁽⁶⁾.

여름철에 수확되는 신선 청과물은 품온이 높아 각종 생리작용이 왕성하여 선도 저하가 촉진되기 때문에 예냉 처리에 의하여 포장열(field heat)을 신속히 제거함으로써 호흡작용을 비롯한 생리적 변화를 억제시켜 수확 직후의 선도유지가 가능하게 된다⁽⁷⁾.

따라서 본 연구는 미백 복숭아의 신선도를 연장하여 여름철 유통을 원활하게 하기 위하여 수확 직후 차압 예냉(pressure cooling)처리를 하여 7°C와 20°C에 보관하면서 품질변화를 조사하였다.

재료 및 방법

재료

차압 예냉 처리에 의한 선도유지 효과를 보기 위해 실험에 사용된 복숭아(*Prunus persica*)는 미백 품종으로 2000년 8월 중순경에 장호원에서 재배되어 수확된 것을 사용하였다. 개체당 생체 중량은 2.1~3.5 kg, 길이 0.25~0.35 m, 장직경은 0.22~0.21 m, 단직경은 0.20~0.13 m였다. 수확시 품온은 25.9°C였다.

예냉처리 및 저장

예냉처리는 예냉 대상 복숭아는 미백으로 플라스틱 콘테이너(0.54 m×0.36 m×0.22 m, 개공율: 9%)와 Carton(개공율: 6%)에 1 단으로 담아 행하였다. 예냉은 차압예냉기(냉각능력: 25.98 kW, 차압원 용량: 2.5 m³/s(4.4 kW)를 이용하였고, 이때 냉기의 온도는 1°C였으며 초기온도 25.9°C에서 2~10°C까지 냉각하였다. 예냉처리시 1회 처리용량은 3,000 kg/batch였

*Corresponding author: Byeong-Sam Kim, Korea Food Research Institute, San 46-1, Baekhyun, Bundang, Songnam, Kyeonggi 463-746, Korea,
Tel: 82-31-780-9142
Fax: 82-31-780-9144
E-mail: bskim@kfri.re.kr

다. 예냉이 종료된 복숭아는 $7 \pm 0.5^\circ\text{C}$ (80~90 % RH)와 $20 \pm 0.5^\circ\text{C}$ (45~55% RH)의 저온저장고에서 보관하였다.

호흡속도

복숭아의 호흡 속도는 static method를 사용하여 분석하였다⁸⁾. 일정 온도에서 시료의 일정량을 밀폐가 가능한 용기에 넣고 시간의 경과에 따라 용기내의 탄산가스농도를 GC(Shimadzu GC-14A, Japan)로 측정하였다. 분석을 위한 GC의 운전조건은 detector는 TCD, column은 CTRI(Altech Co.), Column의 온도는 35°C , injector 및 detector 온도는 60°C , carrier gas는 He(50 mL/min)이었다.

에틸렌 발생량

복숭아의 에틸렌 발생량 측정은 일정 온도에서 시료의 일정량을 밀폐가 가능한 용기에 넣고 시간의 경과에 따라 용기내의 에틸렌 가스 농도를 GC(Hewlett Packard Model-5890, USA)로 측정하였다. 분석을 위한 GC의 운전조건은 detector는 FID, column은 HP-PLOT 5(HP Co.), Column의 온도는 170°C , injector 및 detector 온도는 200°C , 210°C , carrier gas는 He(10 mL/min)이었다.

품질변화

복숭아의 저장 중 품질변화를 알아보기 위하여 3일 간격으로 다음 항목을 조사하였다. 감모율은 저장 전 무게에 대하여 저장 중 감소된 정도를 백분율로 환산하여 표시하였다. 당도는 시료 과육을 분쇄기로 분쇄하여 착즙한 후 착즙액을 일정량 취해 당도계(ATAGO PR-1, Japan)로 측정하였다. 경도는 Rheometer (Model CR-10K Sun Scientific Co, Ltd. Japan)를 사용하여, 직경 2 mm plunger로 과육 부분에 대하여 5 mm 침입하였을 때의 힘(force)을 측정하였다. Vitamin C 함량은 2,4-DNP 비색법에 준하여 측정하였다⁹⁾.

결과 및 고찰

예냉처리 및 냉각특성

예냉처리 및 냉각특성을 조사하기 위해서는 복숭아에 대해 차압식 예냉을 적용하였다. 외국의 경우 복숭아의 조직이 단단하여 수냉식처리를 하기도 하나 우리나라 여름철 복숭아의 경우는 조직이 연약하고 외피에 털이 많아 수냉처리할 경우 조직이나 외관에 역효과를 가져올 수도 있다. 특히 여름철 미백의 경우는 조직이 약하여 조그만 충격에도 유통중 표면 갈변이 심하게 나타나 상품성을 저하시킨다. 따라서 복숭아의

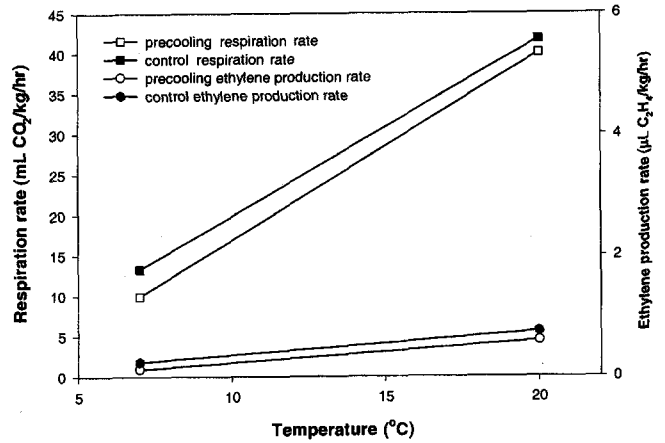


Fig. 1. Respiration rate and ethylene production rate of peach.

경우는 가급적 충격을 최소화하면서 예냉과 포장, 선별작업이 진행될 수 있는 작업체계를 구축하여야 한다. 본 연구에서는 복숭아를 플라스틱박스에 수확하여 그대로 예냉처리하는 공정과 골판지박스에 수확하여 예냉처리하는 경우 두 사례를 가정하여 시행하였다. Table 1과 2는 Carton과 플라스틱 컨테이너에 단층으로 담아 풍량과 정압을 변화시켜면서 차압냉각시킨 경우 냉각시간을 각각 분석한 것이다. 표에서 보면 room cooling의 경우는 냉각시간이 5°C 까지 도달하는데 7시간 정도 소요되었으나⁸⁾, 차압예냉한 경우는 표에서처럼 2.5~3시간 정도로 단축되었다. Table 1은 플라스틱컨테이너에 복숭아를 담아 예냉한 경우 각 온도에 도달하는 시간을 풍량별로 나타낸 것으로 초기 품온 25.9°C 에서 10°C 까지 냉각하는데 풍량이 $0.08 \text{ m}^3/\text{s}/\text{box}$ 인 경우는 1시간, $0.03 \text{ m}^3/\text{s}/\text{box}$ 인 경우는 1.8시간으로 풍량이 많고 정압이 높을수록 냉각속도가 빠르게 나타났다. 그러나 2°C 와 같이 낮은 온도에 도달하는 시간은 풍량에 따른 차이 폭이 줄어들었는데 이는 일정온도 이하의 저온에 도달한 다음에는 품온강하가 과육 내부로의 전도에 의한 열전달에 의해 지배되기 때문으로 사료되었다. 박스에 걸리는 정압은 풍량에 비례하여 나타나지 않았는데 냉각속도의 경우 플라스틱과 골판지박스 두 종류에서 풍량이 큰 경우는 플라스틱박스가 빠르게 나타났으나 풍량이 적은 경우는 서로 차이를 나타내지 않았다. 표에서 보면 풍량이 $0.04 \text{ m}^3/\text{s}/\text{box}$ 이하에서는 박스에 걸리는 정압이 냉각속도에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며 플라스틱박스의 경우는 냉기의 공급량은 많으나 많은 양이 냉각에 직접적인 영향을 미치지 못하고 손실되는 것으로 나타났다.

Table 1. Required cooling times of peaches¹⁾ in the plastic container²⁾ during pressure cooling at various velocities and static pressures

Velocity (m ³ /s/box)	Static pressure (Pa)	Final cooling temp. (°C)				
		10	8	6	4	2
0.080	19.7	1	1.4	2	3.3	4.7
0.043	6.7	1.7	2.1	2.7	3.7	4.9
0.030	2.1	1.8	2.4	3.1	4.4	5.4

¹⁾initial product temperature: 25.9°C , ²⁾5 kg/container, vent ratio: 10.73%.

Table 2. Required cooling times of peaches¹⁾ in the carton²⁾ during pressure cooling at various velocities and static pressures

Velocity (m ³ /s/box)	Static pressure (Pa)	Final cooling temp. (°C)				
		10	8	6	4	2
0.015	28.9	1.5	1.9	2.5	3.8	4.8
0.007	3.7	1.6	2.1	2.7	3.7	5
0.004	2.7	1.8	2.4	3.1	4.3	5.9

¹⁾initial product temperature: 25.9°C, ²⁾5 kg/container, vent ratio: 5.29%.

Table 3. Hardness of mibaek peach during storage

(unit: N)

Treatment	Storage period (day)					
	Initial	4	7	10	13	
7°C	Precooling	11.6	6.7	9.7	4.7	4.3
	Control		6.6	7.6	3.0	3.3
20°C	Precooling		2.4	1.9	1.5	1.2
	Control		2.4	1.7	9.9	1.1

Table 4. Weight loss ratio of mibaek peach during storage

(unit: %)

Treatment	Storage period (day)					
	Initial	4	7	10	13	
7°C	Precooling	0	0.78	1.30	2.05	2.74
	Control		0.98	1.67	2.47	3.39
20°C	Precooling		2.18	5.00	7.57	10.93
	Control		2.87	5.66	10.62	17.12

에너지처리가 복숭아의 선도유지에 미치는 영향

미백 복숭아의 경우 차압 예냉 장치를 이용하여 1°C의 냉기로 예냉한 경우 초기 품온 25.9°C에서 7~10°C까지 냉각하는데 1.5~3시간정도 소요되었다. 미백 복숭아를 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 7°C와 20°C에서 호흡속도를 조사한 바에 의하면 예냉 처리하지 않은 것은 20°C에서 40.06 mL CO₂/kg/hr, 7°C에서는 9.92 mL CO₂/kg/hr였는데, 예냉 처리한 것은 20°C에서 35.12 mL CO₂/kg/hr, 7°C에서는 8.07 mL CO₂/kg/hr로 낮게 나타났다. 또한, 에틸렌 발생량은 20°C에서는 예냉 처리하지 않은 것이 5.57 μL C₂H₄/kg/hr, 예냉 처리한 것은 4.42 μL CO₂/kg/hr로 나타났으며, 7°C에서는 예냉 처리하지 않은 것이 1.77 μL C₂H₄/kg/hr, 예냉 처리한 것은 0.88 μL CO₂/kg/hr으로 조사되었다. 이러한 결과로부터 예냉 처리한 복숭아의 경우 호흡속도와 에틸렌 생성속도가 무예냉 처리구에 비하여 억제되었으며 7°C의 경우는 20°C에 비하여 4배 정도 느리다는 것을 알 수 있었다.

복숭아의 예냉 후 유통 중의 품질 변화 정도를 알아보기 위해 경도, 감모율, 당도, 비타민 C 함량의 변화를 분석하였다. Table 3에서는 유통 중 경도의 변화를 나타내었는데, 예냉한 것이 예냉하지 않은 것보다 더 높은 경도를 유지하였다. 복숭아의 초기 경도는 11.6 N으로 조사되었는데 예냉 후 7°C에서 저장한 경우 저장 7일째까지는 9.7 N으로 비교적 높은 경도를 나타내었으나 예냉하지 않고 20°C의 상온에서 유통시킨 복숭아의 경도는 저장 4일째 2.3 N으로 급격한 저하를 보였다.

일반적으로 과실의 조직감은 펙틴 물질과 연관된다고 보고되고 있는데^(4,5), 본 실험에서도 저장 기간이 경과할수록

PME와 PG의 활성에 의한 복숭아 펙틴 물질 분해로 미백 복숭아의 경도 감소가 특히 20°C 저장 시에 현저하게 나타난 것으로 사료되었다. 한편, 수확 직후 예냉 처리 및 7°C 저장 시에는 조직 연화에 관여되는 이러한 효소들의 활성이 억제되어 비교적 초기 경도치를 유지한 것으로 사료되었다.

복숭아의 저장 중 감모율의 변화는 Table 4에 나타내었다. 예냉 하지 않고 20°C에서 저장한 복숭아는 저장 13일째 왕성한 호흡 및 증산 작용에 의해 심한 감모가 일어났으나 예냉 후 7°C의 저온으로 저장한 복숭아는 저장 13일째 까지도 2.74%의 낮은 감모율을 나타내었다. 감모율의 변화에서도 경도와 같이 예냉 처리가 복숭아의 품질유지에서 비교적 효과가 있는 것으로 나타났다.

복숭아의 저장 중 ascorbic acid 함량과 당도는 각각 Table 5 및 6과 같았다. 초기 ascorbic acid 함량은 9.68 mg%에서 20°C 저장 시 예냉 처리구는 2.92 mg%, 무예냉 처리구의 경우 2.26 mg%로 두 처리구간에 큰 차이를 보이지 않았고, 7°C에 저장한 경우도 저장 13일째 예냉 처리구는 8.02 mg%, 무예냉 처리구는 7.40 mg%로 비슷한 수치를 보였다. 따라서, 복숭아의 ascorbic acid 함량 유지에는 예냉 처리의 효과 보다는 예냉 후 저온 저장의 효과가 더 큰 것으로 사료되었다.

복숭아의 저장 중 당도의 변화를 보면 총 저장기간 13일 동안 뚜렷한 감소 또는 증가 현상을 나타내지 않고, 모든 처리구에서 초기 당도 9.5°Brix와 거의 비슷하게 나타났다. 저온 저장한 복숭아의 생리 화학적 특성을 조사한 연구 결과, 5°C로 48시간동안 저장한 복숭아의 경우 저장 기간이 증가할수록 당도 함량은 증가한다고 보고하였는데⁽¹¹⁾, 단기간 저장에 있어서 그 경향을 해석하는데는 무리가 있다고 사료되

Table 5. Ascorbic acid of *mibaek* peach during storage

(unit: mg%)

Treatment	Storage period (day)					
	Initial	4	7	10	13	
7°C	Precooling	9.68	9.55	9.00	8.26	8.02
	Control		9.12	8.82	7.69	7.40
20°C	Precooling		3.82	3.60	3.42	2.92
	Control		3.62	3.42	3.17	2.26

Table 6. Sugar degree of *mibaek* peach during storage

(unit: °Brix)

Treatment	Storage period (day)					
	Initial	4	7	10	13	
7°C	Precooling	9.5	9.5	9.8	9.6	9.4
	Control		9.8	10.1	9.6	9.5
20°C	Precooling		9.9	10.6	10.6	10.9
	Control		10.8	10.3	9.3	8.9

었으며, 본 연구 결과에서 저장 온도 및 예냉 처리가 복숭아 당도에 미치는 효과는 적은 것으로 사료되었다.

전반적으로 보면 복숭아의 경우 예냉처리에 의한 품질유지 효과는 두드러지게 나타났는데 예냉처리에 의해 미백의 경우 단기적으로는 경도가 증가하는 현상이 나타났다. 그러나 저온처리에 의해 완숙과가 아닌 경우 후숙이 정지되어 당도가 다소 감소하는 느낌을 준 것으로 나타났다. 따라서 예냉처리 바로 익일에는 무예냉구가 오히려 식감이 우수한 감을 보였다. 그러나 일정기간 이후부터는 무예냉구는 품질저하가 가속된 반면 예냉구는 서서히 후숙이 진행되어 상품성이 우수하게 나타났다. 수확시 입은 충격에 의한 갈반점등에 의한 표면 품질 저하는 예냉처리에 의해 지연되는 것을 알 수 있었다

요 약

미백복숭아의 신선도를 연장시키기 위하여 수확후 예냉처리가 행해졌다. 복숭아에 대한 예냉 시험 결과 25.9°C에서 5°C까지 3시간 이내에 냉각이 가능하였으며 풍량과 정압을 증가시킬수록 냉각속도는 증가하였다. 복숭아의 호흡속도와 에틸렌발생속도는 20°C의 경우 7°C에서의 4배 빠르게 나타났다. 예냉처리한 복숭아는 7°C와 20°C에 저장한 경우 무예냉처리구에 비해 당도, 감모율, 비타민 C, 외관등에서 30% 이상 우수한 상품성을 유지하였다.

감사의 글

본 연구는 농림부의 농림기술개발사업의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

문 헌

- Horvat, R.J., Chapman, G.W., Robertson, J.A., Meredith, F.I., Scorza, R., Callahan, A.M. and Morgens, P. Comparison of the volatile compounds from several commercial peach cultivars. *J. Agric. Food Chem.* 38: 234-237(1990)
- Whitelock, D.P., Brusewitz, G.H., Smith, M.W. and Zang, X.H. Humidity and airflow during storage affect peach quality. *Am. Soc. Hort. Sci.* 29: 798-801 (1994)
- Mitchell, F.G., Mayer, G., Maxie, E.C. and Coates, W.W. Cold storage effects on fresh market peaches, nectarines and plums using low temperatures to delay internal breakdown. *Calif. Agr.* 28: 12-14 (1974)
- Hobson, G.E. Enzymes and texture changes during ripening, pp. 123-124. In: *Recent Advances in the Biochemistry of Fruit and Vegetables*. Friend, J. and Rhodes, M.J.C. (eds). Academic Press, London, UK (1981)
- Huber, D.J. The role of cell wall hydrolases in fruit softening. *Hort. Rev.* 5: 169-219 (1981)
- Choi, J.H. and Lee, S.G. Woolliness and metabolism of pectic substances of peach. *Korean J. Hort. Sci. Technol.* 40: 574-576 (1999)
- Kim, D.C. and Kim, B.S. Development of Pretreatment System for Agricultural Produces. pp. 27-29. Korea Food Research Institute, Bundang, Korea (1992)
- Couture, R. and Makhoul, J. Production of CO₂ and gamma irradiation of strawberry fruit. *J. Food Quality* 385: 13-18 (1990)
- AOAC. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA (1985)
- Kim, B.S., Cha, H.S. and Kim, E.W. Development of Major Facilities for Long-term Storage of Agricultural Produces. pp. 49-63. Korea Food Research Institute, Bundang, Korea (2001)
- Redgwell, R.J., MacRae, E.I., Hallett, M., Fisher, J.P. and Harker, R. *In vivo* and *in vitro* swelling of cell walls during fruit ripening. *Planta* 203: 162-173 (1997)

(2003년 2월 28일 접수; 2003년 9월 6일 채택)