

딸기 살균 예냉장치 개발

Development of Strawberry Sterilization Precooler

정 훈*	윤홍선*	이원옥*	이경환*	이현동*
정회원	정회원	정회원	정회원	정회원
H.Jeong	H.S.Yun	W.O.Lee	K.H.Lee	H.D.Lee

1. 서 론

딸기는 비타민 C 함량이 풍부하며 독특한 향기를 갖는 과채류로써 국내에서는 대부분 생식용으로 이용되고 있으며 일부 잼, 젤리, 아이스크림, 냉동딸기, 딸기주 등의 원료로 이용되기도 한다.

딸기는 육질이 약하여 수확, 선별 및 수송과정에 물리적 손상을 받기 쉬워 수확 이후 품질저하가 심한 작물로서, 수확후 생과로 유통되는 딸기는 세균 및 곰팡이균 등에 의해서 쉽게 부패되고, 상온으로 유통될 경우 유통기간이 1~2일에 불과하여 유통기간 연장을 위한 냉각 및 살균기술이 절실히 필요하다.

딸기의 유통기간 연장을 위한 방법으로는 예냉, 오존처리, γ -선 조사, 키토산코팅(chitosan coating), CA저장, 기능성필름 포장 등의 방법이 보고되고 있다. 그러나, 현재 국내의 딸기 유통은 대부분이 상온에서 이루어지고 있으며, 살균처리는 하지 않고 있다.

따라서 본연구는 딸기의 수확후 품질유지를 위하여 수확 직후 신속히 예냉하여 저온상태로 유지하고 오존가스에 의해 살균할 수 있는 장치를 개발하고자 수행하였으며, 이를 위하여 딸기 살균을 위한 적정 오존농도를 구명하였고, 시작기를 제작하여 성능시험을 실시하였다.

2. 재료 및 방법

가. 딸기 살균을 위한 적정 오존농도 구명시험

(1) 배양균의 오존 살균효과 시험

(가) 공시균주

시험에 사용된 균주는 일반세균, 대장균 및 곰팡이균이다.

(나) 시험장치

시험에 사용된 시험장치는 투명 아크릴판으로 가로, 세로, 높이가 각각 1m인 챔버를 제작하여, 오존발생기와 오존측정기를 설치하였으며, Fig 1에 시험장치의 개략도를 나타내었다.

* 농촌진흥청 농업기계화연구소

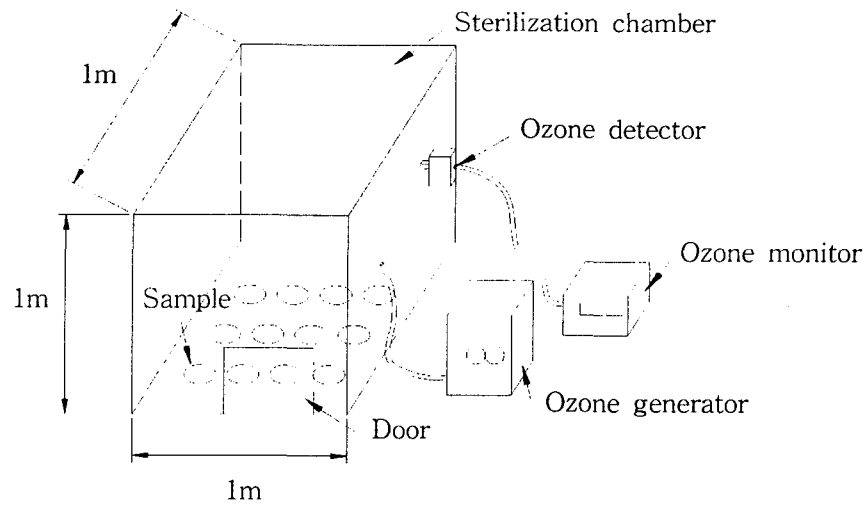


Fig. 1 Schematic diagram of sterilization apparatus

(다) 시험방법

살균실험에 사용된 세균의 배지는 일반세균에 NBY배지, 대장균에 BGLB배지, 곰팡이균에 Martin 배지를 조제하여 사용하였다. 각각의 세균을 배지에 도말한 후 온도를 3℃, 습도를 95%로 조절하고 오존처리 농도를 1, 10ppm으로 하여 1시간, 2시간, 4시간씩 처리한 후, 일반세균은 28℃에서 2일간, 대장균은 32℃에서 2일간, 곰팡이균은 24℃에서 6일간 배양한 후 배양된 세균수를 조사하였다.

(2) 딸기 오존 살균·예냉 효과시험

(가) 공시재료

공시재료로는 충남 논산에서 생산된 여봉딸기를 사용하였다.

(나) 시험장치

시험에 사용된 시험장치를 Fig 2에 나타내었으며, 딸기 적재부의 크기는 가로, 세로가 각각 30cm이며, 높이는 15cm 정도이다. 재질은 투명 아크릴판으로 제작하였으며, 적재부 바닥은 타공철판을 사용하였다. 송풍팬은 송풍량이 0.1cmm, 정압은 0.2mmHg인 팬을 사용하였다.



Fig. 2 Picture of sterilization · precooling apparatus

(다) 시험방법

저온저장고내의 온도를 3℃로 유지한 상태에서 시험장치 내에 딸기 시료를 넣고 밀봉하여 살균·예냉 실험을 실시하였다. 각각의 처리구는 무살균·무예냉, 무살균 2시간 예냉, 2ppm 2시간, 8ppm 2시간, 12ppm 2시간 오존처리구로 하였으며, 송풍량은 딸기 1kg당 0.05cmm으로 실험하였다. 실험 후 시료를 채취하여 증류수에 흔들여 균을 떨구어낸 후 배지에 배양하여 세균수를 측정하였으며, 나머지 시료는 3℃와 20℃ 저장고에 저장하면서 품질을 조사하였다.

나. 딸기 살균·예냉장치 제작 및 성능시험

(1) 시작기 제작

딸기의 살균·예냉장치는 Fig 3 및 Fig 4 와 같이 제작하였으며, 제원은 Table 1에 나타내었다. 시작기의 구조는 75mm 우레탄 패널로 구성된 예냉장치 내부에 증발기, 차압발생장치가 들어가게 되고, 외부에 압축기와 응축기, 제어반, 오존발생기가 부착된 구조이다. 차압발생장치의 전면부는 철망으로 구성되었으며, 딸기 상자는 전면부에 밀착 적재된 후 차압팬에 의해 차압이 발생되어 신속히 냉각된다. 또한 오존발생기에서 발생된 오존가스는 시작기 천장벽에 설치된 파이프식 덕트를 따라 시작기 내로 골고루 분포되어 살균된다.

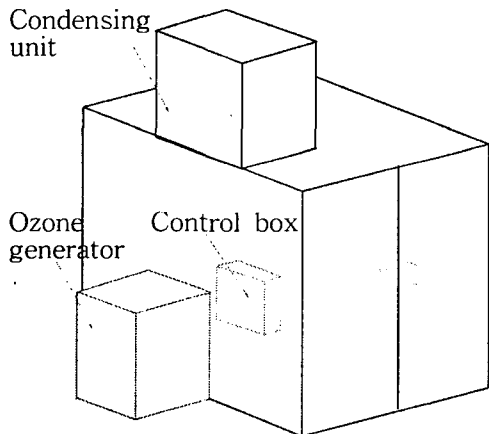


Fig. 3 Outside view of the prototype

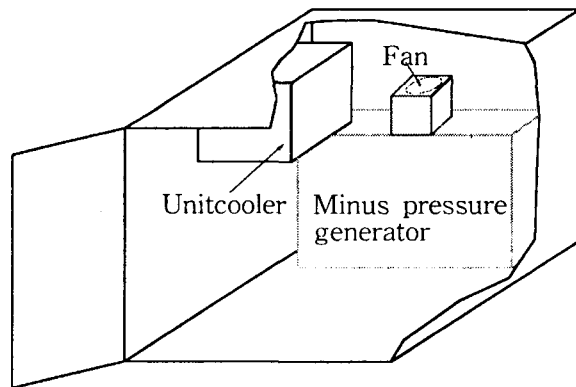


Fig. 4 Inside view of the prototype

Table 1. Specification of prototype

Size	2×2×2m(L×W×H)
Capacity of freezer	2.2kW
Minus pressure fan	Static pressure 13mmAq, Air flow rate 70cmm
Ozone generator	2g/hr
Loading weight of strawberries	400kg

(2) 성능시험

성능시험은 충남 논산 현지에서 실시하였으며, 수확직후의 딸기 252kg(4kg 골판지상자 63박스)을 살균·예냉하였다. 적재방법은 3×3열, 7단 적재방식으로 하였으며, 예냉온도는 3℃로 하여 품온이 5℃가 될 때까지 냉각하였다. 살균시의 예냉장치 내의 오존가스 농도는 1ppm이었으며, 딸기와 접촉하는 송풍량은 딸기 1kg당 0.5cmm이었다. 주요 조사내용으로는 예냉감모율, 냉각균일도 및 예냉속도, 살균·예냉 직후의 살균률, 상품성 상실과 발생률 등이다.

예냉감모율은 임의로 3개 상자를 선정하여 예냉 전 무게와 예냉 후의 무게를 측정하여 조사하였으며, 냉각균일도는 각 위치별 초기 품온과 종료품온의 편차를 조사하여 산출하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 딸기 살균을 위한 적정 오존농도 구명시험

(1) 배양균의 오존 살균효과 시험

대장균, 일반세균 및 잿빛곰팡이균에 대한 오존살균 시험결과를 Table 2에 나타내었다. 표에서 보는 바와 같이 대장균과 일반세균의 살균율은 1ppm 1시간이상에서 모두 90% 이상의 높은 살균률을 보였다. 반면 잿빛곰팡이균에 있어서는 10ppm으로 4시간 이상 처리했을 때 90%이상의 살균률을 보였다.

Table 2. Ozone sterilization effects for incubated bacillus

Microbes	Concentrations of ozone (ppm)	Sterilization rate by ozone treatment(%)		
		1 hour	2 hours	4 hours
Coliform	1	96.9	99.0	100
	10	99.9	99.9	100
Bacillus	1	92.5	95.8	96.6
	10	98.5	99.1	99.4
Gray mold	1	14.3	-	28.6
	10	33.3	64.4	92.2

※ Treatment temperature · humidity : 3℃, 95%

(2) 딸기 오존 살균·예냉 후 살균률 및 상품성 상실과 발생률 분석

살균·예냉 시험장치로 딸기의 살균·예냉시험 후 살균율 및 상품성 상실과 발생율을 조사하였다. 예냉온도는 3℃, 습도는 95%, 송풍량은 0.05cmm/kg으로 2시간씩 오존처리하여 실험하였으며, 결과는 Table 3에 나타내었다. 일반세균의 살균율은 2, 8, 12ppm 오존처리별로 각각 75%, 86.1%, 88.8%로 나타났으며, 잿빛 곰팡이균의 경우 각각 44.7%, 51.1%, 79.7%로 나타났다.

Table 3. Sterilization rate just after sterilization and precooling

Unit : %

Microbes	Microbes counts before sterilization	2ppm 2 hours	8ppm 2 hours	12ppm 2 hours
Bacillus	6.4×10^3 cfu/ea	75.0	86.1	88.8
Gray mold	3.8×10^3 cfu/ea	44.7	51.1	79.7

※ ea : one strawberry

살균·예냉 처리된 딸기 시료를 3℃, 20℃ 저온저장고에 저장한 후 상품성 상실과 발생을 조사한 결과를 상실과 발생율은 Table 4와 Fig 5에 나타내었다. 상품성 판단기준은 딸기의 회홍색으로 변한 부분의 직경이 5mm이상 되는 과실, 표면경도가 심하게 연화된 과실과 곰팡이가 발생한 과실을 상품성 상실과로 분류하였다. 20℃에서 저장한 시료는 무살균·무예냉, 무살균·예냉, 살균·예냉처리구 공히 1일 후 상품성을 상실하였으므로, 예냉처리된 딸기는 저온유통이 되어야 할 것으로 판단되었다.

Table 4. Ratio of low quality strawberries(storage at 20℃)

Unit : %

Days	Non-sterilization · non-precooling	Non-sterilization · precooling	2ppm 2 hours	8ppm 2 hours	12ppm 2 hours
After 1 day	66.7	57.9	34.6	-	-
After 2 days	97.1	95.6	86.0	86.2	82.1

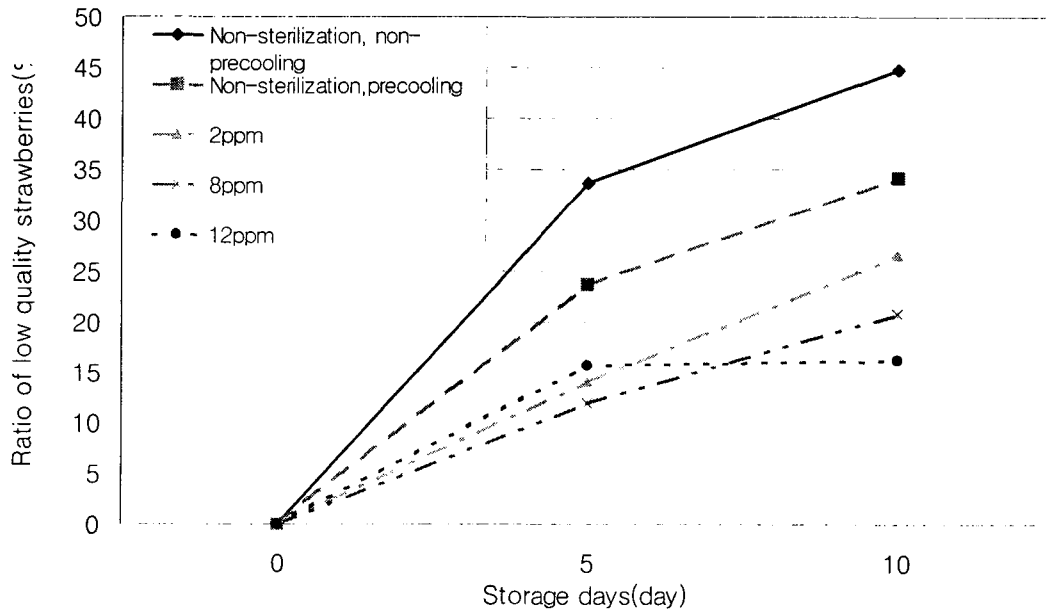


Fig. 5 Ratio of low quality strawberries(storage at 3℃)

3°C에서 저장한 시료는 저장 5일후에 무살균·무예냉처리구는 상품성 상실과 발생율이 34%, 무살균·예냉처리구는 24% 이상으로 상품성이 많이 상실되었으며, 오존살균 및 예냉한 처리구의 경우 15%정도의 상품성 상실과 발생율을 보였다.

나. 딸기 살균·예냉장치 성능시험

(1) 냉각균일도, 예냉속도 및 예냉감모율

냉각균일도를 조사하기 위해 적재 딸기의 공기유입부, 중앙부 및 공기유출부의 딸기 과심에 온도센서를 설치하여 온도분포를 조사하였다. 여기서 공기유출부는 차압발생장치 측과 접해있는 쪽이다. Table 5에서 보는 바와 같이 종료품온의 최대편차는 1.5°C로 나타났으며, 표준편차는 0.42°C로 나타났다. 또 냉각속도는 분당 0.1°C로 냉각되는 것으로 나타났으며, 예냉감모율은 0.45%로 나타났다.

Table 5. Cooling uniformity, precooling rate and weight loss ratio

Test hole	Test site	Initial temperature (°C)	Final temperature (°C)	Cooling time (Average cooling rate)	Weight loss ratio (%)
1	Air inlet 1	17.9	5.2	2 hours 25min. (0.1°C/min)	0.45
2	Air inlet 2	19.2	5.9		
3	Air inlet 3	18.1	4.4		
4	Middle 1	18.8	5.5		
5	Middle 2	18.0	5.3		
6	Middle 3	18.5	5.2		
7	Middle 4	18.0	4.8		
8	Air outlet 1	19.0	5.0		
9	Air outlet 2	19.0	5.2		
Average	-	18.5	5.2		
Max. Dev.	-	1.3	1.5		
Std. Dev.	-	0.51	0.42		

(2) 살균·예냉 직후의 살균률

살균·예냉 직후의 일반세균 및 젓빛곰팡이균의 살균률을 Table 6에서 보는 바와 같이 일반세균의 경우 91.6%, 젓빛곰팡이균의 경우 68.2%가 살균 된 것으로 나타났다.

Table 6. Sterilization ratio just after sterilization·precooling

	Microbes	Populations of average microbes (cfu/개)	Sterilization ratio
Before sterilization·precooling	Subtilis	1.9×10^9	-
	Gray mold	1.1×10^9	
After sterilization·precooling	Subtilis	1.6×10^4	91.6%
	Gray mold	3.5×10^4	68.2%

(3) 상품성 상실과 발생률

Table 7에 나타난 바와 같이 무살균·무예냉 처리구와 살균·예냉 처리구 공히 25℃에 저장했을 경우 2일 후에 상품성 상실과 발생율이 70.4%와 65.3%로 나타나 저온저장이 필요한 것으로 나타났다.

Table 7. Ratio of low quality strawberry(storage at 25℃)

Storage days	Non-sterilization · non-precooling	Sterilization · precooling
2 days	70.4%	65.3%

3℃에서 저장했을 때 살균·예냉 처리구, 무살균·예냉 처리구와 무살균·무예냉 처리구의 상품성 상실과 발생율은 Table 8에 나타난 바와 같이 저장 7일 후 각각 20%, 37% 및 44%로 나타나 살균·예냉 처리구의 저장성이 높은 것으로 나타났다.

Table 8. Ratio of low quality strawberry(storage at 3℃)

Storage days	Sterilization · precooling	Non-sterilization · precooling	Non-sterilization · non-precooling
7 days	20%	37%	44%
14 days	44%	59%	77%
21 days	66%	79%	94%

4. 요약 및 결론

본 연구는 딸기의 수확후 품질유지를 위하여 수확 직후 신속히 예냉하여 저온상태로 유지하고 오존가스에 의해 살균할 수 있는 장치를 개발하고자 수행하였으며, 이를 위하여 딸기의 살균을 위한 적정 오존농도를 구명하고, 시작기를 제작하여 성능시험을 실시하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 배양균의 오존살균 시험결과, 대장균의 경우는 오존농도 1ppm에서 2시간 처리시에 99.0% 이상, 일반세균의 경우는 10ppm에서 2시간 처리시에 99.1% 이상의 살균률을 보였으며, 곰팡이균의 경우는 10ppm에서 4시간 처리시에 92.2% 이상의 살균률을 보였다.

나. 딸기의 살균을 위한 적정 오존농도 구명을 위하여 딸기 살균·예냉 시험장치를 제작하여 2, 8, 12ppm, 2시간씩 0.05cmm/kg의 송풍량으로 살균 예냉하고 오존 살균예냉 처리구와 무살균 무예냉, 무살균 예냉 처리구의 3℃저장, 5일 후의 상품성 상실과 발생률을 비교해 본 결과, 살균예냉 처리구는 12~16%, 무살균 예냉처리구는 24%, 무살균 무예냉처리구는 34%로 나타났다.

다. 딸기의 오존가스에 의한 살균 시 오존가스 발생량이 일정할 때 예냉시의 송풍량이 많을수록 딸기와 오존가스 분자가 접촉하는 회수가 많아지므로 살균률은 오존가스의 농도와 송풍량에 비례하여 높아지는 것으로 판단된다.

라. 딸기를 오존에 의해 살균하고 동시에 예냉할 수 있는 살균·예냉장치를 제작하여

252kg의 딸기를 1ppm 오존농도와 0.5cm³/kg의 송풍량으로 2시간살균하고 5℃까지 예냉한 결과 예냉 감모율은 평균 0.45%, 종료품온의 최대편차는 1.5℃, 평균냉각 속도는 0.1℃/min이었으며, 상품성 상실과 발생률은 3℃에서 7일간 저장했을 때, 살균·예냉처리구에서는 20%, 무살균·예냉처리구에서는 37%, 무살균·무예냉처리구에서는 44%로 나타났다.

5. 참고문헌

1. 김지강, 홍성식, 정석태, 김영배, 장현세. 1998. CA저장조건에 따른 “여봉” 딸기의 품질변화. 한국식품과학회지 30(4) : 871~876
2. 박석준, 박지용. 2000. 식품산업에서 오존 살균법의 이용, 식품과학과 산업. 33(2) : 50~57
3. 정순경, 조성환, 이동선. 1998. 항균성 플라스틱 필름을 이용한 딸기의 환경기체 조절포장. 한국식품과학회지 30(5) : 1140~1145
4. 충남대학교 농과대학. 1998. 딸기의 수확 및 유통기술 연계시스템 개발. 농촌진흥청 특정연구 최종보고서
5. 한국식품개발연구원. 1996. 청과물의 표면 살균 처리기술 개발. 농촌진흥청 특정연구 최종보고서
6. Lee, T.S. and Chi, Y.S. 1989. Studies on the changes in chemical composition of strawberry during maturing (in Korean). J. Korean Agric.Chem. Soc. 32(3) : 232~239
7. Salunkhe, D.K. and Desai, B.B. 1984. Postharvest biotechnology of fruits. Vol. 1 : 117~120. CRC press. N.Y.
8. Maxie, E.C., Sommer, N.F. and Mitchell, F.G. 1971. Infeasibility of irradiating fresh fruits and vegetables. Hortscience. 6(3) : 202~204
9. Ghaouth, A.E., Arul, J., Ponnampalam, R. and Boulet, M. 1993. Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries. J. Food Sci. 56(6) : 1618~1620
10. Chen A.H., Sun, M. and Li, K.P. 1994. Effects of chitin on superoxide dismutase activity and vitamin C content of strawberries during storage. Food Science, China. 7 : 65~67
11. Morris J.R., Sistrunk, W. A., Sims, C.A. and Main, G.L. 1985. Effects of cultivar, postharvest storage, preprocessing dip treatments and style of pack on the processing quality of strawberries. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110(2) : 172~177
12. Ke, D., Goldstein, L., O'mahony, M. and Kader A.A. 1991. Effects of short-term exposure to low O₂ and high CO₂ atmospheres on quality attributes of strawberries. J. Food Sci. 56(1) : 52~53