

사과의 세척·살균 및 코팅기계장치 개발

Development of Apple washing and coating system

이원옥*	윤홍선*	정 훈*	이현동*	이영희*	최동수*
정회원	정회원	정회원	정회원	정회원	정회원

W. O. Lee H. S. Yun H. Chung D. H. Lee Y. H. Lee D. S. Choi

1. 서론

최근 생활 수준의 향상으로 건강에 대한 관심이 높아지면서 농식품 소비 측면에서는 종전의 영양 섭취 위주에서 건강 지향 및 편의성 추구의 방향으로 뚜렷한 변화 경향을 나타내면서 과일, 채소의 소비 증대를 지목할 수 있으며, 더욱이 이들의 가공제품 보다는 신선 식품에 대한 소비 성향이 급격히 신장하는 추세를 보이고 있다. 신선식품의 신선도는 유통과정에서의 선도저하와 마찬가지로 수확직후에 있어서의 급격한 선도저하, 즉 과채류에서는 비타민C 등의 영양성분, 엽록소 등의 유용성분의 급속한 분해 등에 따른 품질저하를 확실하게 억제할 수 있는 방안을 강구하지 않고서는 수확직후에 가까운 상태를 유지하는 것은 불가능하다. 따라서 모든 신선 농산물은 수확 후 부패 방지를 위하여 포장하기 전에 병균, 해충, 화학물질, 흙먼지 등이 제거되어야 한다. 또한 외국 농산물의 수입개방에 따라 신선농산물의 안전성 및 품질경쟁력 제고를 위하여 수확 후 저장성 및 품위향상을 위한 전처리·세척·코팅·포장 등 선진가공기술이 필요하다. 특히 사과는 껍질에는 질병에 대한 자연 방어력을 가진 식물성 생리활성 물질인 파이토뉴트리언트(Phytonurtrient)가 함유되어 있으며, 사과 껍질의 섬유질이 장운동을 활발하게 하여 체내의 노폐물이나 독성물질을 배출하는 효과가 있는 것으로 알려져 웰빙을 추구하는 소비자는 기능성 때문에 껍질째 간편하게 먹을 수 있는 세척사과의 요구가 증가하고 있어 경제적이고 효과적으로 안심사과를 생산할 수 있는 사과의 세척·코팅기계장치의 개발을 위하여 이 연구를 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 시험방법

1) 사과 표면색차 측정

각시험구마다 사과 샘플 10개씩을 세척전, 세척후, 코팅후 각각 색도를 CR 200(Minolta, Japan)를 사용하여 적도부위 3지점을 표시하여 L, a, b 값을 측정하여 평균값(ΔE 값)을 가지고 세척전후의 색도차이와 코팅에 따른 정도를 측정하였다.

2) 사과표면의 오염도 측정

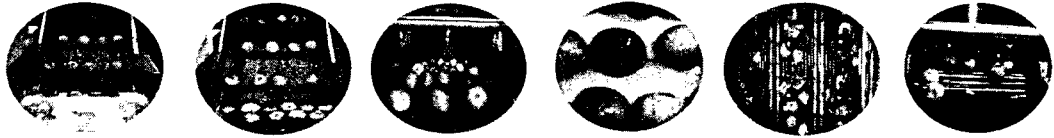
세척전후의 사과를 10개씩 무작위 선발하여 400ml의 초순수에 세척하여 그 용액에서 1ml를 채취하여 9ml의 멸균 희석액에 분주한 다음 시료 희석액에서 1ml를 채취하여 대장균균용, 일반세균용 petrifilm에 도포하여 32℃ 배양기에서 24시간 배양하여 Colony 갯수 측정

3) 저장중 사과와 물성변화 측정

- 감모율 : 저장전 과실의 중량을 기준으로 저장후 감소된 무게를 백분율로 환산하여 표시
- 경도 : 과실의 과피를 제거한 상태로 물성분석기(TA-HD)를 이용하여 11mm Plunger tip를 사용하여 0.3mm/sec 속도로 과일의 측면부위의 관입저항을 3회 측정하여 평균값 사용.

나. 세척·살균·코팅장치 제작

사과를 세척·살균·코팅하기 위하여 시험장치는 제어부, 세척·살균부, 행굼부, 사과표면 물기 제거부, 코팅부, 건조부로 구성되어 있으며 그림 1에 상세구조를 나타내었다.



<세척·살균> ⇒ <건조여름> ⇒ <행굼> ⇒ <코팅> ⇒ <건조> ⇒ <배출>

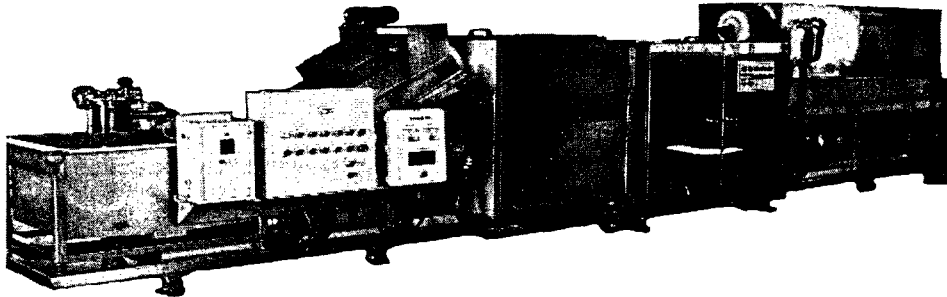


그림 1. 사과 세척·코팅장치 구조

3. 결과 및 고찰

가. 세척수 여과장치의 탁도시험

세척수의 절감을 목적으로 세척후 재순환하여 사용시 오염된 세척수에 의한 2차 오염을 방지하고, 세척수 방류시 환경오염을 줄이기 위하여 입자입경을 50 μ 로 까지 필터링 할 수 있는 백필터를 사용하여 사과 세척후 순환탱크로 여수된 세척수를 펌핑하여 백필터를 거쳐 필터링된 물은 세척·살균조로 순환되도록 제작하였다. 세척수의 여과정도를 측정하기 위하여 세척전의 세척수와 여과장치를 부착하지 않은 세척수와 여과장치를 부착한 후의 각각의 세척수를 채취하여 탁도계(TR-705, 일본)로 측정한 결과 세척전의 세척수는 0.7mg/l로 측정되었고 여과장치를 부착하지 않고 사과를 세척한 세척수에서는 평균 8.6mg/l로 측정된 반면 여과장치를 거친 세척수는 1.3mg/l 나타나 백필터 여과장치를 이용할 경우 세척수의 필터링에 문제가 없는 것으로 판단되어 세척수를 절약할 수 있으며 세척 후 방류하여도 환경오염을 방지할 수 있을 것으로 판단된다.

나. 세척 정도측정

세척원리는 원심식 브로아를 이용하여 수조통 하부에서 2,800mmAq의 토출압력으로 형성된 공기방울과 30kg/cm²의 수압으로 분사된 Jet 수류에 의해 수조통안에서 15초 동안 사과를 세척하였다. 세척성능을 측정하기 위해 10분동안 연속해서 3회를 세척한 후 평균값으로 측정한 결과 시간

당 4,086개의 성능을 나타냈고, 충격이나 진동에 의한 손상과나 파손과는 나타나지 않아 공급장치, 세척조, 이송부 등을 사과와 생산규모에 맞추어 산지유통센터 등에 보급 가능할 것으로 나타났다.

또한 세척정도를 측정하기 위해 세척전후의 사과표면의 색도를 50개의 샘플을 측정한 결과 표 1과 같이 세척전후의 ΔE 값이 평균 3.10으로 NBS unit가 “현저한 차이”로 나타나 공기방울과 Jett 수류에 의한 세척정도는 양호한 것으로 나타났다.

표 1. 세척전후의 색도측정

구 분	세척전			세척후			ΔE	NBS unit
	L	a	b	L	a	b		
	46.74	21.49	12.95	45.38	22.65	13.91	3.10	현저한 차이

다. 세척전후의 살균율 측정

오존에 의한 사과표면의 살균정도를 측정하기 위하여 세척전과 세척후의 사과표면에 붙어 있는 대장균과 일반세균수를 측정하여 살균정도를 측정하였다. 대장균의 살균정도는 세척전의 사과에 비하여 오존수를 이용하여 세척한 사과의 경우 대장균수가 세척전의 평균 29.6CFU/g에 비하여 0.4CFU/g으로 98% 이상의 살균율을 나타냈고 일반세균의 경우에는 표8과 그림5와 같이 74.7CFU/g에 비하여 5CFU/g으로 94%정도의 살균율을 나타냈다. 오존수 세척으로 사과표면에 붙어있는 대장균 및 일반세균의 살균에 효과적인 것으로 판단되며 다른 농산물의 살균에도 오존수는 유용하게 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

라. 사과의 코팅시험

사과의 표면색택 및 저장성을 높여 품위를 향상시키기 위하여 사과표면을 코팅하기 위하여 방균효과를 가지고 생리활성 작용등 기능성 효과가 있으며 무취, 무미의 성분을 가진 수용성 용액인 키토산을 농도 1000mg/l의 계면활성제를 혼합하여 콜로이드화한 바이오 코팅제를 코팅제로 선발하여 코팅 정도를 측정하기 위하여 코팅시간과 코팅농도를 달리하여 코팅시험을 실시하여 표면색도를 측정 색차값에 따른 코팅정도를 알아보기 위해 시험한 결과 코팅 시간에 따른 색도 변화에서는 표2와 같이 코팅시간이 10초, 20초로 했을 때 색차값(ΔE)은 각각 0.7, 0.8를 나타내 코팅 시간에 따른 사과표면의 색차값은 두 시료 모두 유사하게 나타내 코팅시간에 따라서 사과표면의 코팅정도는 큰 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 또한 표 3과 같이 코팅농도를 1.5%, 3.0%로 하여 10초 동안 코팅해본 결과 색차값(ΔE)은 각각 0.8, 1.9를 나타내 코팅액의 농도가 높은 쪽의 시료에서 코팅에 의한 색차값이 높게 나타나 사과표면의 코팅정도는 코팅제의 농도에 의하여 좌우되는 것으로 나타났음.

표 2. 코팅시간에 따른 색도측정

코팅 시간	세척전			세척후			ΔE	코팅후			ΔE
	L	a	b	L	a	b		L	a	b	
10초	49.51	34.38	12.14	48.28	36.07	14.42	3.11	48.56	35.63	14.47	0.64
20초	48.68	35.92	13.47	47.57	37.62	15.56	2.95	48.03	37.05	15.64	0.78

※ 코팅농도 : 1.5%, 코팅방법 : dipping

표 3. 코팅액 농도에 따른 색도 변화

코팅 농도	세척전			세척후			ΔE	코팅후			ΔE
	L	a	b	L	a	b		L	a	b	
1.5%	46.50	38.99	13.89	45.17	41.44	15.85	3.42	45.59	40.80	15.98	0.78
3.0%	45.58	36.14	14.36	44.57	38.49	16.08	3.10	45.85	36.48	15.62	2.43

※ 코팅시간 : 10초, 코팅방법 : dipping

마. 세척·살균·코팅·건조후 저장중 사과의 품질변화 시험

사과의 세척·살균·코팅·말림 일관 기계장치를 이용하여 사과를 0.3ppm의 오존수에 세척과 동시에 살균하여 농도 1.5%와 3.0%의 코팅액으로 코팅하고 0.04m/sec 속도로 제습 냉풍공기로 건조한 사과를 저장온도 20℃에 저장하면서 사과의 감모율 및 과육의 경도 변화를 측정하여 농도별로 코팅한 사과와 무처리한 사과의 품질변화 비교시험을 실시하였다. 시험 결과 그림2와 같이 저장초기에는 감모율이 큰 차이를 나타내지 않았지만 저장기간이 경과함에 따라 코팅한 시험구의 감모율이 낮게 나타났으며 코팅농도가 높을수록 감모율은 감소하는 것으로 나타났다. 이는 사과의 표면 코팅이 저장중 사과의 수분증발을 억제하여 저장기간이 길어질수록 감모율의 차이가 많이 난 것으로 판단된다.

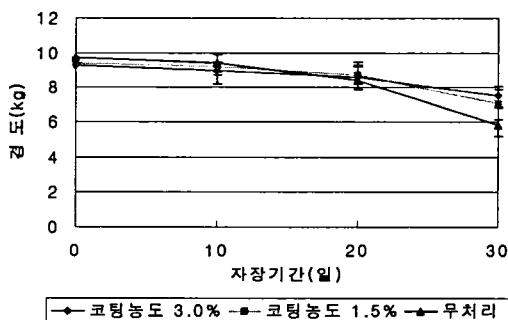
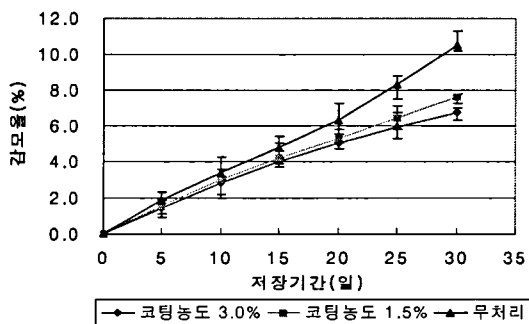


그림 2. 세척·살균·코팅후 저장중 감모율 변화 그림 3. 세척·살균·코팅후 저장중 경도 변화

또한 저장중 과육의 경도를 측정하기 위하여 물성분석기를 이용하여 사과의 측면부위의 관입저항을 측정한 결과 그림 3에서와 같이 코팅한 시험구와 무처리한 시험구의 경도 차이는 저장 20일까지는 유사한 경도 변화를 보였으나 20일 이후 무처리한 시험구의 경도가 급격히 감소하는 것으로 나타났다. 따라서 사과를 코팅할 경우 저장성이 좋아져 사과의 품질을 향상 시킬 뿐만 아니라 표면색택을 좋게 하여 사과의 품위를 향상 시키므로서 품질 경쟁력을 높일 수 있을 것으로 판단 된다.

4. 요약 및 결론

○ 세척성능은 4000개/시간이고, 세척정도는 전후의 사과표면의 색차(ΔE)는 ΔE 값의 평균값이 3.1로 세척전후의 색도는 현저한 차이가 있는 것으로 나타났으며, 살균율은 세척전후의 세

균수 변화에서 대장균의 살균율이 97.3% 이었고, 일반세균은 살균율이 93.8%로 나타났음.

○ 세척수의 탁도는 평균 $8.6 \pm 0.24 \text{mg}/\ell$ 인 것에 비하여 필터링한 세척수의 탁도는 $1.3 \pm 0.26 \text{mg}/\ell$ 로 나타났으며, 바이오 코트를 코팅제로 선발하여 시험한 결과 코팅 시간에 따른 색도 변화에서 코팅시간이 10초, 20초로 했을 때 색차값(ΔE)은 각각 0.7, 0.8를 나타내 코팅 시간에 따라 사과표면에 코팅은 큰 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 또한 코팅농도를 1.5%, 3.0%로 하여 10초 동안 코팅해본 결과 색차값(ΔE)은 각각 0.8, 1.9를 나타내 사과표면의 코팅정도는 코팅제의 농도에 의하여 좌우되는 것으로 나타났음.

○ 사과의 세척·살균·코팅·말림 일관 기계장치를 이용하여 사과를 0.3ppm의 오존수에 세척과 동시에 살균하여 농도 1.5%와 3.0%의 코팅액으로 코팅하고 0.04m/sec 속도로 제습 냉풍공기로 건조한 사과를 저장온도 20℃에 저장하면서 사과의 감모율 및 과육의 경도 변화를 측정된 결과 저장초기에는 감모율이 큰 차이를 나타내지 않았지만 저장기간이 경과함에 따라 코팅한 시험구의 감모율이 낮게 나타났으며 코팅농도가 높을수록 감모율은 감소하는 것으로 나타났다. 또한 저장중 과육의 경도를 변화는 코팅한 시험구와 무처리한 시험구의 경도 차이는 저장 20일까지는 유사한 경도 변화를 보였으나 20일 이후 무처리한 시험구의 경도가 급격히 감소하는 것으로 나타났다

5. 참고문헌

- Beuchat, L. R. and Ryu, J. H. : Produce Handling and Processing Practices, Emerg. Infect. Dis., 3, 459-465 (1997)
- Harris, L. J., Beuchat, L. R., Kajs, T. M., Ward, T. E. and Taylor C. H. : Efficacy and Reproducibility of a Produce Wash in Killing Salmonella on the Surface of Tomatoes Assessed with a Proposed Standard Method for Produce Sanitizers, J.Food Prot. 64, 1477-1482 (2001).
- Janisiewicz, W. J., Conway, W. S., Brown, M. W., Sapers, G. M., Fratamico, P. and Buchanan, R. L. : Fate of Escherichia coli O157:H7 on Fresh-Cut Apple Tissue and Its Potential for Transmission by Fruit Flies. Appl. Environ. Microbiol., 65. 1-5 (1999).