

## 바닐린과 갈변억제제 병용처리가 신선절단 사과의 품질유지와 미생물증식에 미치는 영향

정헌식<sup>1</sup> · Peter Toivonen<sup>2</sup> · 문광덕<sup>†</sup>

<sup>1</sup>경북대학교 식품생물산업연구소, <sup>2</sup>캐나다 태평양농식품연구센터, 경북대학교 식품공학과

## Combined Effects of Vanillin and Antibrowning Agent on Changes of Quality and Microorganisms in Fresh-Cut Apples

Hun-Sik Chung<sup>1</sup>, Peter Toivonen<sup>2</sup> and Kwang-Deog Moon<sup>†</sup>

<sup>1</sup>Food & Bio-Industry Research Institute, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

<sup>2</sup>Agriculture and Agri-Food Canada, Pacific Agri-Food Research Center,  
Summerland, BC, Canada

Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

### Abstract

The effects of high vanillin concentration on fresh-cut apples treated with NatureSeal™ were investigated. Apples were sliced, treated with 6% NatureSeal™ or 6% NatureSeal™ + 120 mM vanillin, packaged in polyethylene bags, and stored for 3 weeks at 4C. The L value, soluble solid level and titratable acidity of fresh-cut apples treated with NatureSeal™ + 120 mM vanillin during storage were lower than those of fresh-cut apples treated with NatureSeal™ only; the growth of total aerobic bacteria, yeast and molds were also more inhibited in fresh-cut apples treated with NatureSeal™ + 120 mM vanillin. These results show that the addition of 120 mM vanillin inhibits the growth of microorganism but has detrimental effects on the quality characteristics of fresh-cut apples treated with NatureSeal™.

**Key words** : fresh-cut apples, vanillin, NatureSeal™, browning, antimicrobial activity

### 서 론

최근 건강 및 천연식품에 대한 사회적 관심의 증가와 더불어 신선절단 과실과 채소류의 소비도 급속히 늘어나고 있는 추세이다. 신선절단(fresh-cut)이란 세척, 박피, 절단 등과 같은 단순한 처리만을 하는 가공기술을 말하며(1), 조직파괴에 따른 갈변, 연화, 생리적 장애 및 미생물번식 등의 현상이 빠르게 진행되어 신선절단 가공품의 shelf-life 연장을 위한 적절한 기술이 요구된다(2,3). 신선절단 사과의 경우 NatureSeal™(calcium ascorbate)이라는 상업적 효소적 갈변 및 연화 억제제를 처리하여 shelf-life를 연장시키고 있으나(4) 미생물 증식의 저해력은 미약하여 부패나 식

중독 발생의 위험성이 높아 향미생물처리가 필요한 실정이다(5). 식품에 사용가능한 향미생물제는 물질의 종류는 물론 사용대상식품과 사용량에 제한이 있으며 화학적 합성품 보다는 천연물 유래 물질의 사용이 선호되는 경향이다(6). 천연물 유래 향미생물제는 다양한 식물, 동물 및 미생물로부터 얻어지며 vanillin을 포함하여 수종이 알려져 있다(7).

바닐린(4-hydroxy-3-methoxybenzaldehyde)은 바닐라콩에 함유되어 있으며 GRAS(generally regarded as safe)로 분류되는 식품첨가물로 착향의 목적으로 식품가공에 많이 사용되고 있다(8). 한편, 바닐린은 살균 및 정균 효과(9,10), 항산화 효과(11,12), 항돌연변이원성과 항유전독성 효과(13,14)를 가지는 것으로 확인되었으며, 이중 향미생물 효과의 작용기작은 바닐린이 일부 미생물의 cytoplasmic membrane을 변형시켜 이온구배와 일정 pH 유지능의 손실과 호흡활동의 저해를 일으키는 것으로 보고된바 있다(10).

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail : kdmoon@knu.ac.kr.  
Phone : 82-53-950-5773 Fax : 82-53-950-6772

식품에 있어 바닐린의 항미생물 효과에 대한 연구로는 사과 껍데에서 12 mM 바닐린은 *Debaryomyces hanseni*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Zygosaccharomyces rouxii*, *Zygosaccharomyces rouxii*, *Zygosaccharomyces bailii* 등의 증식을 저해하는 효과를 가지며(15), 사과주스와 복숭아향 음료에서 10 mM과 20 mM 바닐린은 *Candida parapsilosis* 와 *Saccharomyces cerevisiae*의 증식을 저해하는 것으로 보고되었다(16). 또한 Moon 등(17)은 모델 사과주스에서 바닐린의 처리는 외부에서 접종된 *Listeria monocytogenes*와 *Escherichia coli* O157:H7의 제거효과에 관하여 보고하였다. 그리고 신선절단 사과에서 바닐린의 처리가 부패성 미생물의 저해에 유용하다는 연구결과가 제시된 바 있으나(18), 바닐린과 갈변저해제인 NatureSeal™의 병용처리가 신선절단 사과의 갈변과 미생물에 대한 영향에 관한 연구는 아직도 미진한 상태이다.

따라서 본 연구에서는 바닐린과 갈변저해제의 병용처리가 신선절단 사과에 미치는 영향을 확인하기 위하여, Fuji 사과의 신선절단품에 120 mM 바닐린과 NatureSeal™을 병용 처리하고 저장하면서 품질특성과 미생물의 변화를 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 재 료

실험용 사과(*Malus domestica* Borkh.)는 Fuji 품종을 캐나다 태평양농식품연구센터(Pacific Agri-Food Research center, Summerland, Canada)의 과수원에서 상업적 성숙기에 수확하여 외관과 크기가 균일한 것만 선별한 후 0°C에서 저장하면서 사용하였다.

### 절단사과제조

원형사과를 100 ppm sodium hypochlorite solution(pH 6.5, 5°C)로 2분간 세척, 10~15분간 실온에서 송풍건조시키고 제심한 다음 8등분하고 즉시 6% NatureSeal™(Mantrose-Hauser Co. Inc., USA) 또는 6% NatureSeal™+120 ppm vanillin(Ashland Canada Inc., Canada) 용액에 2분간 침지 처리한 후 과잉의 표면수분을 제거하고 절단사과 25조각씩 0.06 mm polyethylene bag으로 포장하고 4°C에서 저장하였다. 저장 중 1주일 간격으로 3주 동안 절단사과의 품질특성 및 미생물 분석을 실시하였다.

### 색도 측정

절단면 색도는 백색판(L=97.79, a=-0.38, b=2.05)으로 보정된 chromameter(CR-200, Minolta Co., Japan)를 사용하여 L, a 및 b값을 측정하였다.

### 가용성 고형분 측정

가용성 고형분 함량은 절단사과를 착즙하고 여과한 액을 취해 Atago digital refractometer (PR-101, Japan)를 사용하여 측정하였다.

### 적정산도 측정

적정산도는 절단사과를 착즙, 여과한 액 10 mL를 취해 증류수로 10배 희석한 다음 0.1 N NaOH로 pH 8.1까지 적정하여 소비된 양을 malic acid로 환산하여 나타내었다.

### 미생물 측정

미생물 균체수 측정은 절단사과 25 g에 0.1% peptone (Difco, Detroit, USA) 225 mL를 가하고 1분간 마쇄시킨 후 마쇄 희석액 1 mL를 취해 총세균은 PCA (plate count agar, Difco) 배지에 도말하고 30°C에서 2일간 배양하였고, 효모와 곰팡이는 DRBC (Dichloran-Rose Bengal Chloramphenicol Agar, Difco)에 도말하고 30°C에서 5일간 배양한 후 각각을 계수하고 log cfu/mL로 나타내었다.

## 결과 및 고찰

### 색도 변화

신선절단 사과에서 색변화의 주원인은 효소적 갈변반응이며 이는 세포속에 존재하던 페놀성 물질이 조직파괴로 인해 외부로 노출되면서 polyphenoloxidase의 작용을 받아 quinone으로 산화되고 다시 중합반응을 거듭하여 갈색물질을 생성하는 반응으로 알려져 있다(19). Vanillin과 NatureSeal™을 처리한 신선절단 사과의 저장 중 색도(L, a, b값) 변화를 측정한 결과는 Table 1에 나타내었다. 명도를 나타내며 갈변정도의 지표로 사용하기도 하는 L값은 저장 중 경시적으로 감소하는 경향을 보였으며 NatureSeal™ 단독 처리구보다 vanillin과 병용 처리구가 다소 빠르게 감소함을 보였으나 큰 차이는 나타나지 않았다. a값은 저장기간이 경과함에 따라 다소 증가하는 경향이었으며 저장 3주에는 변화가 비교적 크게 나타났다. b값은 저장 중 증가하는 경향을 보였으며 특히 NatureSeal™ 단독처리구에서 비교적 빠른 증가를 나타내었다. 이러한 변화는 NatureSeal™이 갈변저해에 뛰어난 효과를 보인다는 것과 이와 함께 120 mM vanillin 처리는 NatureSeal™의 근본적 효능인 갈변억제 효과를 일부 감소시켜 갈변이 상대적으로 증진되는 것으로 보인다. 그러나 신선절단 과채류의 경우 유통기한이 아주 길게 보아 2주 이내의 범위로 생각한다면 갈변에 대한 바닐린의 효과는 그리 크지 않은 것으로 보인다. 한편, NatureSeal™ 단독으로 절단사과의 갈변억제 효과를 가지며 여기에 12 mM vanillin의 첨가는 과육색도에 영향을 미치지 않은 것으로 보고된 바 있다(4,18).

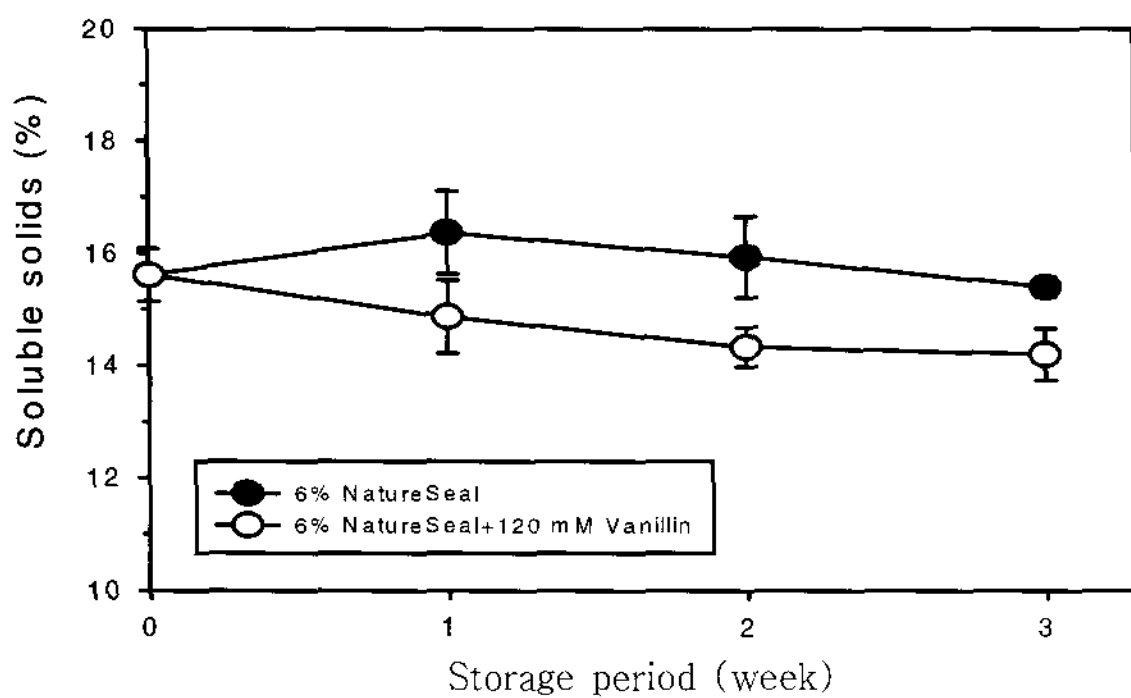
**Table 1.** Change in color of apple slices in relation to post-cut treatments during storage at 4°C

Post-cut treatments	Color value	Weeks in storage			
		0	1	2	3
6% NatureSeal™	L	77.95±0.66	77.23±0.99	77.22±1.02	75.90±2.77
	a	-3.92±0.52	-3.62±0.50	-3.36±0.40	-1.85±1.42
	b	19.29±1.23	23.24±2.30	23.81±2.38	25.40±2.82
6% NatureSeal™+120ppm vanillin	L	77.95±0.66	76.39±0.67	76.34±1.01	74.45±1.50
	a	-3.92±0.52	-3.88±0.51	-3.89±0.36	-2.96±0.85
	b	19.29±1.23	19.30±2.22	20.97±2.25	21.93±1.68

Values are mean±standard deviation (n=3).

**가용성 고형분 변화**

과실에서 가용성 고형분 함량은 당도를 나타내는 지표이며 과실의 품질평가에 중요한 특성이다. 사과의 주요 유리당 성분은 sucrose, glucose, fructose 등인 것으로 알려져 있다(19). Vanillin과 NatureSeal™을 처리한 신선절단 사과를 4°C에서 3주간 저장하면서 가용성 고형분의 함량을 측정 한 결과는 Fig.1에 나타내었다. 가용성 고형분 함량은 경시적으로 약간씩 감소하는 경향을 보였으며 NatureSeal™ 단독 처리구보다 vanillin과 병용 처리구에서 다소 빠른 감소 속도를 보였다. 한편, NatureSeal™ 단독처리는 저장 중 절단사과의 가용성 고형분 함량변화에 영향이 없는 것으로 보고된 바 있다(4).

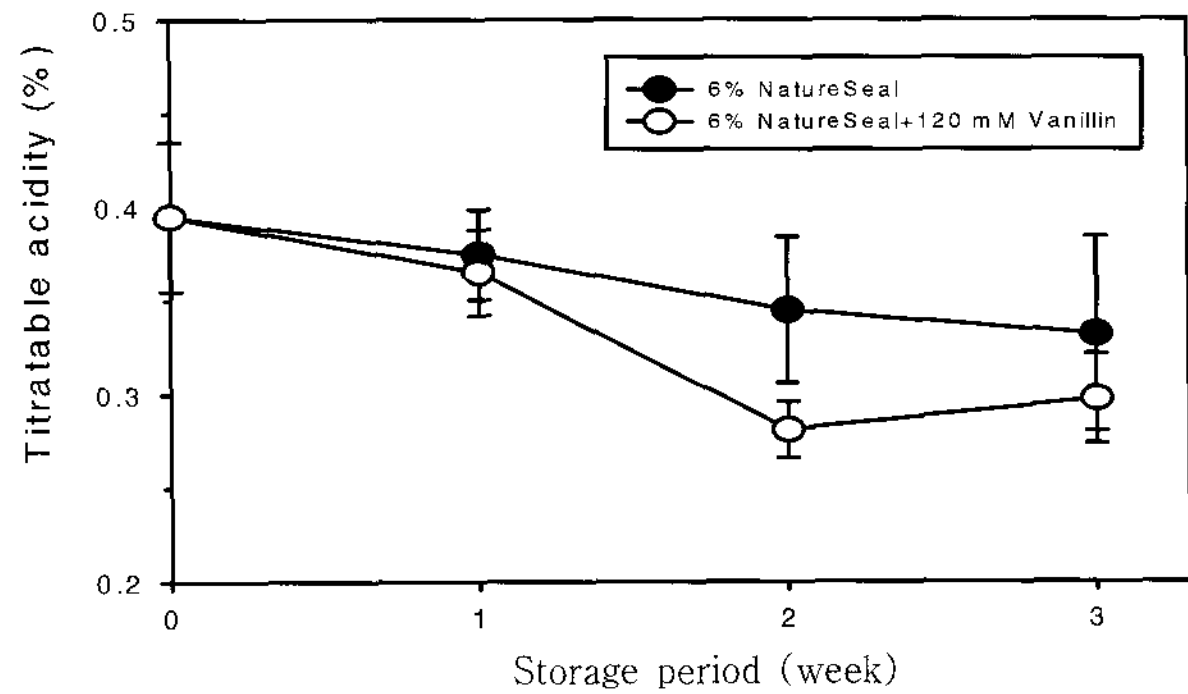


**Fig. 1.** Change in soluble solids of apple slices in relation to post-cut treatments during storage at 4°C.

Values are mean±standard deviation(n=3).

**적정산도 변화**

적정산도는 산 함량을 측정하는 수단이며 가용성 고형분과 더불어 과실의 식미평가에 중요한 척도이다. 사과의 주요 유기산 성분은 malic acid이며 저장 중 감소하는 것으로 알려져 있다(20). Vanillin과 NatureSeal™을 처리한 신선절단 사과를 4°C에서 저장하면서 적정산도 변화를 측정 한 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 적정산도는 가용성 고형분의 결과와 유사하게 NatureSeal™ 단독 처리구 보다 vanillin과



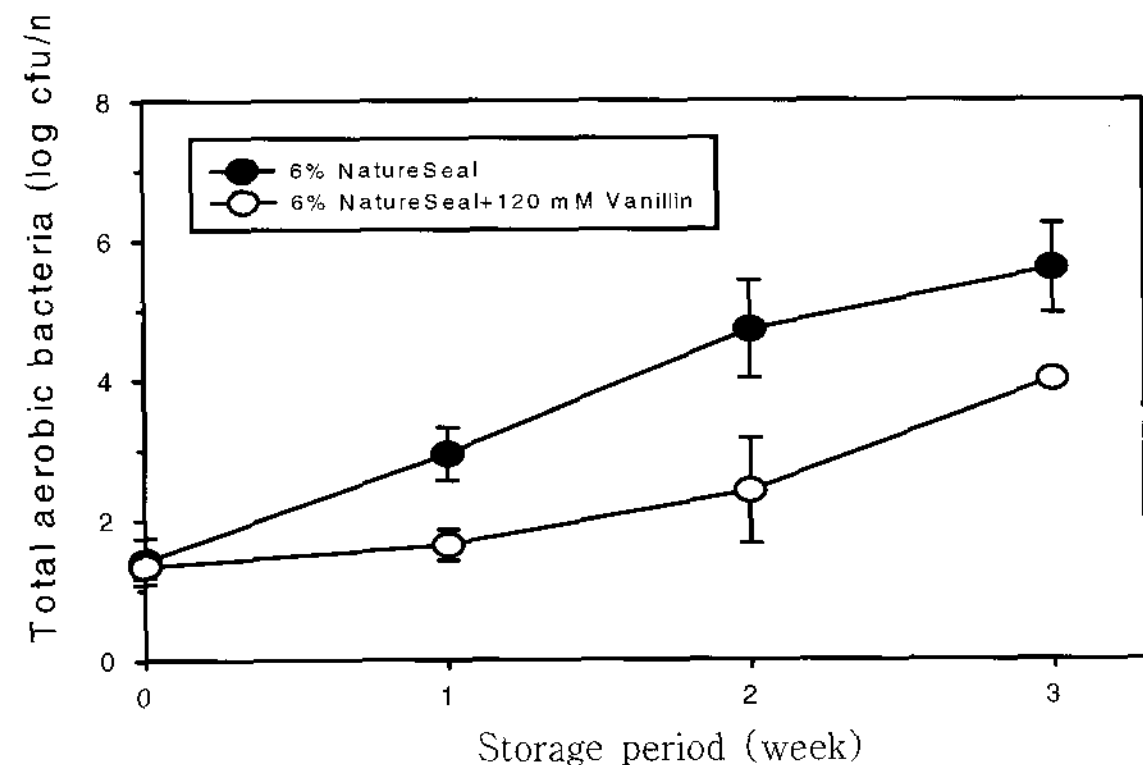
**Fig. 2.** Change in titratable acidity of apple slices in relation to post-cut treatments during storage at 4°C.

Values are mean ± standard deviation(n=3).

병용 처리구에서 보다 빠른 감소속도를 나타내어 특히 저장 2주 후부터 낮은 수준을 유지하였다. 바닐린의 병용처리 시 당과 산의 감소가 빠르게 나타나는 원인에 대하여는 호흡작용의 검토 등 추가적인 연구가 요망된다.

**총세균수 변화**

Vanillin과 NatureSeal™을 처리한 신선절단 사과의 4°C 저장 중 총균수 변화를 조사한 결과는 Fig. 3에 나타내었다. 총균수는 NatureSeal™ 단독 처리구에서는 저장기간이 경과함에 따라 선형적으로 증가하였으나 Vanillin과 NatureSeal™ 병용 처리구에서는 저장 2주경부터 약간씩 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 vanillin의 항미생물 효과에 기인된 결과이며 신선절단 사과에서 120 mM이라는 고농도도 호기성 미생물의 생육억제 기간에 한계가 있는 것으로 판단된다. 한편 NatureSeal™ 단독처리는 사과의 품종에 따라 다소 차이가 있으나 거의 항미생물 효과가 없는 것으로 보고된 바 있다(18). 또한 vanillin의 일부 병원성 및 부패성 미생물에 대한 최소저해농도가 in vitro 실험에서 6~10 mM이며, vanillin 농도와 미생물 생육억제효과는 비례관계를 가지는 것으로 알려져 있다(18).



**Fig. 3.** Change in total aerobic bacteria of apple slices in relation to post-cut treatments during storage at 4°C.

Values are mean ± standard deviation(n=3).

### 효모 및 곰팡이균수 변화

Vanillin과 NatureSeal™을 처리한 신선절단 사과 4°C 저장 중 효모와 곰팡이 균수 변화를 조사한 결과는 Fig. 4에 나타내었다. 저장 중 효모와 곰팡이 균수의 변화를 보면 NatureSeal™ 단독 처리구에서는 저장 초반기부터 경시적으로 증가하는 경향을 나타내었으나 vanillin과 NatureSeal™ 병용 처리구에서는 저장 1주 이후부터 증가하였으며 NatureSeal™ 단독 처리구 보다는 저장말기까지 낮게 유지하였다. 이는 신선절단 사과에서 vanillin의 효모와 곰팡이의 생육억제 효과에 기인된 결과이며 120 mM의 고농도도 장기간 생육억제에는 제한이 있는 것으로 여겨진다. 한편, 20 mM 이하 농도의 vanillin은 효모와 곰팡이 생육에 정균 효과를 가지는 것으로 보고된바 있다(10,15,16).

이상의 모든 결과를 종합해 보면, 절단사과 제조 시 NatureSeal™ 처리에 고농도 바닐린의 첨가는 기간제한적인 항미생물 효과는 가지나 절단면 갈변현상, 가용성 고형분과 적정산도 손실을 촉진하는 것으로 확인되었다.

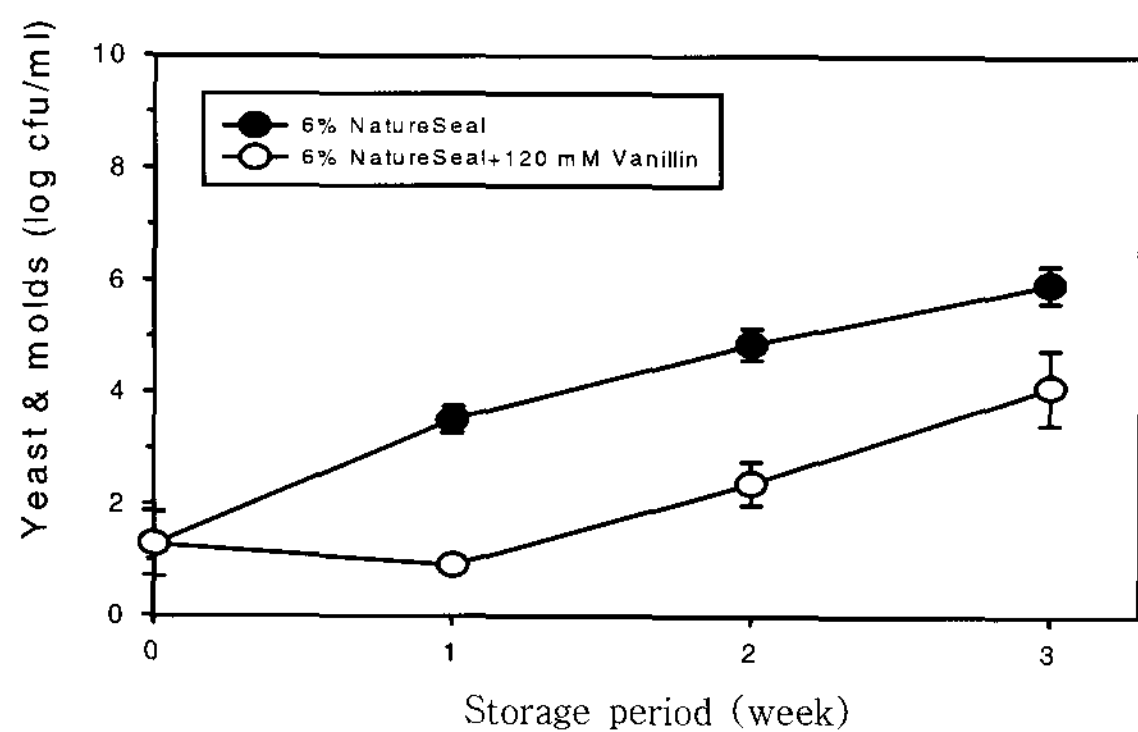


Fig. 4. Change in yeast and molds of apple slices in relation to post-cut treatments during storage at 4°C.

Values are mean  $\pm$  standard deviation(n=3).

### 요약

신선절단 사과 제조에 있어 갈변 및 연화 억제제인 NatureSeal™ 처리에 고농도 vanillin의 첨가효과를 규명하기 위하여, 절단사과에 6% NatureSeal™과 120 mM vanillin을 병용처리하고 플라스틱 필름으로 포장하여 4°C에서 3주 동안 저장하면서 1주 간격으로 품질특성과 미생물 생육의 변화를 조사하였다. 신선절단 사과의 L값, 가용성 고형분 및 적정산도는 NatureSeal™ 단독 처리구 보다 NatureSeal™과 vanillin의 병용 처리구에서 감소가 촉진되었다. 총호기성미생물 및 효모와 곰팡이의 생육은 NatureSeal™ 단독 처리구 보다 NatureSeal™과 vanillin의 병용 처리구에서 억제되었다. 이로써 신선절단 사과에 NatureSeal™ 처리 시 120 mM vanillin의 첨가는 항미생물 효과는 부여하지만 품질특성의 손실은 가져올 수 있는 것으로 확인되었다.

### 참고문헌

- Schlimme, D.V. (1995) Marketing lightly processed fruits and vegetables. HortScience, 30, 15-17
- Watada, A.E., Abe, K. and Yamauchi, N. (1990) Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. Food Technol., 44, 116-122
- Brecht, J.K. (1995) Physiology of lightly processed fruits and vegetables. HortScience, 30, 18-22
- Rupasinghe, H.P.V., Murr, D.P., DeEll, J.R. and Odumeru, J. (2005) Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) and NatureSeal™ on the quality of fresh-cut apples. J. Food Quality, 28, 289-307
- Nguyen, C. and Carlin, F. (1994) The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 34, 371-401
- Soliva-Fortuny, R.C. and Martin-Belloso, O. (2003) New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits. Trends Food Sci. Technol., 14, 341-353
- Brul, S. and Coote, P. (1999) Preservative agents in foods. Mode of action and microbial resistance mechanisms, 50, 1-17
- Roa, S.R. and Ravishankar, G.A. (2000) Vanilla flavor: production by conventional and biotechnological routes, J. Sci. Food Agric., 80, 289-304.
- Beuchat, L.R. and Golden, D.A. (1989) Antimicrobials occurring naturally in foods. Food Technol., 43, 134-142
- Fitzgerald, D.J., Stratford, M., Gasson, M.J., Ueckert, J., Bos, A. and Narbad, A. (2004) Mode of antimicrobial action of vanillin against *Escherichia coli*, *Lactobacillus plantarum* and *Listeria innocua*. J. Appl. Microbiol., 97, 104 - 113
- Kumar, S.S., Priyadarsini, K.I. and Sainis, K.B. (2002) Free radical scavenging activity of vanillin and o-vanillin using 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical. Redox. Rep., 7, 35-40
- Burri, J., Graf, M., Lambelet, P. and Loliger, J. (1989) Vanillin: more than a flavouring agent - a potential antioxidant. J. Sci. Food Agri., 48, 49-56
- King, A.A., Shaughnessy, D.T., Mure, K., Leszczynska, J., Ward, W.O., Umbach, D.M., Xu, Z., Ducharme, D., Taylor, J.A., DeMarini, D.M. and Klein, C.B. (2007) Antimutagenicity of cinnamaldehyde and vanillin in human cells: global gene expression and possible role of DNA damage and repair. Mutat. Res., 616, 60-69
- Ohta, T. (1993) Modification of genotoxicity by naturally occurring flavorings and their derivatives, Crit. Rev.

- Toxicol., 23, 127-146
15. Cerrutti, P. and Alzamora, S.M. (1996) Inhibitory effects of vanillin on some food spoilage yeasts in laboratory media and fruit purees. *International J. Food Microbiol.*, 29, 379-386
  16. Fitzgerald, D.J., Stratford, M., Gasson, M.J. and Narbad, A. (2004) The potential application of vanillin in preventing yeast spoilage of soft drinks and fruit juices. *J. Food Protect.*, 67, 391-395
  17. Moon, K.D., Delaquis, P., Toivonen, P. and Stanich, K. (2006) Effect of vanillin on the fate of *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157:H7 in a model apple juice medium and in apple juice. *Food Microbiol.*, 23, 169-174
  18. Rupasinghe, H.P.V., Boulter-Bitzer, J., Ahn, T. and Odumeru, J.A. (2006) Vanillin inhibits pathogenic and spoilage microorganisms in vitro and aerobic microbial growth in fresh-cut apples. *Food Res. Int.*, 39, 575-580
  19. Zocca, A. and Ryugo, K. (1975) Changes in polyphenoloxidase activity and substrate levels in maturing 'Golden Delicious' apple and other cultivars. *HortScience*, 10, 586-587
  20. Ackermann, J., Fischer, M. and Amado, R. (1992) Changes in sugars, acids, and amino acids during ripening and storage of apples. *J. Agric. Food Chem.*, 40, 1131-1134
- 
- (접수 2008년 3월 11일, 채택 2008년 5월 9일)