pISSN 1229-1153 *J. Fd Hyg. Safety*
Vol. 27, No. 4, pp. 401~405 (2012)

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

백년초 추출물 처리가 신선절단 사과의 갈변억제와 *Staphylococcus aureus* 증식에 미치는 영향

서영호*
서울시보건환경연구원

Dual Effectiveness of *Opuntia ficus indica* Extracts for Enzymatic Browning Inhibition and Microbial Inactivation on Fresh-cut Apples

Young-Ho Seo*
Seoul Metropolitan Government Research institute of Public Health and Environment
(Received September 11, 2012/Revised November 4, 2012/Accepted November 13, 2012)

ABSTRACT - The dual effectiveness of *Opuntia ficus indica* extracts for browning inhibition and microbial inactivation on fresh-cut apples was investigated. Prepared apple slices were treated with 25, 50, 100, 200 mg/mL *Opuntia ficus indica* extracts, packaged in polyethylene bags, and stored for 10 days at 4, 21°C. Results indicate that *Opuntia ficus indica* extracts significantly ($P < 0.05$) inhibited the browning reaction of fresh-cut apples. This treatment also reduced peroxidase activities. The populations of *Staphylococcus aureus* significantly decreased with increasing extract concentration ($p < 0.05$). In particular, *S. aureus* was reduced to non-detectable levels after 2 days in 100 mg/mL treatment at 4°C and 21°C. *Opuntia ficus indica* extracts therefore have antibacterial and antibrowning effects. The results suggest that *Opuntia ficus indica* extracts could be useful as a natural food preservative.

Key words: *Opuntia ficus indica*, fresh-cut apples, *Staphylococcus aureus*, antibrowning

서 론

최근 건강에 대한 사회적 관심의 증가와 더불어 과일 및 채소류를 가장 최소한의 가공만을 행하여 신선한 품질 그대로를 제공할 수 있는 신선절단 관련 제품의 수요도 급속히 늘어나고 있다[1]. 세척, 박피, 절단 등의 단순한 처리를 통해 생산된 신선절단(fresh-cut) 제품은 조직파괴에 따른 갈변, 연화, 생리적 장애 및 미생물오염 등의 현상이 빠르게 진행되어 신선절단 가공품의 shelf life 연장을 위한 적절한 기술이 요구된다[2-3]. 사과의 신선절단 제품은 다른 과채류에 비해 최근 샐러드 바, 학교 및 회사의 단체급식 등에서 수요가 점점 증가하고 있는 추세이다[4]. 그러나 급속한 갈변과 미생물 증식으로 인하여 유통 중 품질 저하가 문제되고 있어, 이에 대한 적절한 처리가 요구되고 있다[2]. 신선절단 사과의 갈변은 비타민 C 및 천연 황화합물 등의 환원제, pH를 낮추어 갈변반응을 지연시키는 산미제 등을 사용하여 효과를 거두고 있으나, 이러한 갈변제의 미생물 증식 억제력은 미약하여 식중독 발생의 우려가 높은 실정이다[5]. 식품에 사용가능한 갈변억제제 및 미생물 저해제는 사용대상 식품과 사용량에 제한이 있으며 최근 화학적 합성품 보다는 천연물 사용이 선호되는 경향이다[6].

황색포도상구균은 식중독균으로써 저항성이 강하여 공기, 토양 등의 자연계에 광범위하게 분포하며, 건강한 사람의 피부 등에도 상재하고 있어 식품에 쉽게 오염된다. 특히 국내신선절단 제품의 11.3%에서 황색포도상구균이 검출되었으며, 항생제 내성균도 상당수 포함되어 있다고 보고되고 있어[7] 이와 관련하여 증식억제에 대한 연구가 시급한 실정이다.

백년초는 선인장과에 속하는 다년생 초본인 *Opuntia ficus indica*를 기원으로 한다[8]. 백년초의 효능으로는 변비치료, 이뇨효과, 장운동의 활성화, 염증 완화, 항 궤양 효과, 콜레스테롤 저하 및 고혈압 예방, 당뇨병 예방 효과 등이 보고되고 있다[9-10]. 우리나라에서는 제주도, 거제도, 신안군 등 남해안 지방에 많이 분포하고 있으며, 현재 제주도를 중심으로 백년초의 재배가 증가하고 있다. 세계적으로도 선인장을 통한 기능성 가공식품의 개발 및 시장규모도 계속 증

*Correspondence to: Young-Ho Seo, Seoul Metropolitan Government Research institute of Public Health and Environment
Tel: 82-2-3401-6292, Fax: 82-2-3401-6742
E-mail: yangkok1@seoul.go.kr

가하고 있으나, 일본 및 남미 등에서 다양한 선인장 가공식품이 판매되는 것과 달리 국내에서는 제주지역을 중심으로 초콜릿, 차 등의 단순 가공식품만이 생산되고 있다.

백년초에 관한 연구를 살펴보면 Seo 등[11]이 백년초 추출물이 신선절단 사과에서 *Escherichia coli* O157:H7과 *Listeria monocytogenes*를 억제한다고 보고하였으며, Chung[9]은 백년초 열매가 추출되는 용매에 따라 세균의 증식을 억제하여 천연 항균제로서 효과가 있다고 보고하였다. 또한 Cho 등[12]도 백년초의 생리활성 효과를 검정하였다. 국외에서도 Galati 등[13]이 백년초가 미생물에 미치는 효과를 발표하였다. 그리고 Gurrieri 등[14]은 백년초 추출물이 주스의 저장기간을 늘이는데 효과가 있다고 보고하였다. 하지만 백년초 추출물이 갈변과 미생물에 미치는 영향에 대한 연구는 아직도 미진한 상태이다.

따라서 본 연구에서는 신선절단 사과에 백년초 추출물을 처리한 후 저장기간동안 갈변억제와 황색포도상구균 생육에 미치는 영향을 조사함으로써 천연 갈변억제제 및 항균제로서의 응용 가능성을 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

백년초 추출물

백년초(*Opuntia ficus-indica*) 추출물은 북제주군에서 재배한 백년초 줄기와 열매를 물로 가열, 추출하여 제조한 제품을 MSC company (Yangsan, Korea)에서 구입하였고, 멸균필터(filter size: 0.45 μm, Nalgene, Rochester, NY, USA)를 사용하여 제균한 후 4ºC에 보관하면서 실험에 사용하였다. 추출물의 농도는 2 g/10 mL(원료기준) 이었다.

재료

실험용 사과는 후지(Fuji) 품종을 서울시 가락농수산물 도매시장에서 구입한 후 4ºC에 보관하면서 24시간 이내에 사용하였다. 시료는 외관 상태가 양호하고 무게가 개당 200~250 g인 것으로 선별하여 100 mg/kg sodium hypochlorite (pH 6.5)로 2분간 세척하고 실온 건조시킨 후 일정한 크기(두께 0.3~0.5 mm, 무게 10 g)로 절단 후 실험에 사용하였다.

색도

신선절단 사과에 백년초 추출물 100 mg/mL를 처리한 시료를 4, 21ºC에서 10일 동안 저장하면서 2일 간격으로 각 처리구별, 온도별에 따른 색도차이를 Chromameter (DP-301, Minolta, Osaka, Japan)로 Hunter's value인 L, a, b 값을 측정하였다.

Peroxidase activity

백년초 추출물 처리 후 10일간의 저장기간 동안 2일 간격으로 peroxidase activity를 측정하였다. 시료전처리는 신선절단 사과 10 g에 0.6 g PVPP, phosphate buffer (50 mM, pH 7) 30 mL를 넣고 균질화 한 후 여과하였다. 그리고 원심분리(10,000 × g, 15 min)를 실시하고 상징액을 분리한 후 이를 시료로 사용하였다. Peroxidase activity 측정은 UV-1601 PC UV-visible spectrometer (Shimadzu Corp., Kyoto, Japan)을 이용하여 420 nm 파장에서 측정하였으며 이때 수소공여체로서 H_2O_2를 사용하였고, 기질로서 guaiacol을 사용하였다. 기질혼합액은 1% guaiacol 10 mL, 0.3% hydrogen peroxide 10 mL, 0.05 M sodium phosphate buffer (pH 6.5) 100 mL로 조제하였으며, 반응액은 기질혼합액 2.87 mL, crude extract 0.1 mL, 시료 0.03 mL를 혼합하여 사용하였다[15].

황색포도상구균 생육측정

신선절단 사과에 황색포도상구균(ATCC 43894) 접종액(sample: inoculum solution ratio = 1:5, w/v)을 10분 동안 침지시켰다. 이 때 초기 균수는 5-6 log CFU/g이 되게 하였다. 균이 잘 부착될 수 있도록 clean bench에서 10분 동안 건조한 후 미리 제조해 놓은 백년초 추출물 25, 50, 100, 200 mg/mL 희석액에 10분간 침지시켜 처리하였으며, 대조구로서는 증류수를 처리하였다. 침지 후 10분 동안 건조한 후 멸균 bag에 넣고 저장온도를 4ºC와 21ºC로 나누어 8일 동안 저장하면서 2일 간격으로 균수를 측정하였다. 황색포도상구균 균수는 절단사과 10 g에 0.45% NaCl 90 mL에 넣고 1분간 교반한 후 Baird Parker Agar (BPA, Difco, Detroit, USA) 배지에 단계별로 도말하고 37ºC, 24시간 동안 배양한 후 검은색 집락에 둥근환이 있는 전형적인 모양의 균수를 측정하고 log CFU/g으로 나타내었다.

결과 및 고찰

표면색 변화

절단사과에서 색변화의 주원인은 효소적 갈변반응이며 이는 세포속에 존재하던 페놀성 물질이 조직파괴로 인해 외부로 노출되면서 polyphenoloxidase (PPO)의 작용을 받아 quinone으로 산화되고 다시 중합반응을 거듭하여 갈색물질을 생성하는 반응으로 알려져 있다[16]. 신선절단 사과에 백년초 추출물을 처리한 후 4, 21ºC에서 10일간 저장하면서 표면색 변화를 관찰한 결과는 Table 1과 같다. 백년초 추출물 농도는 예비실험을 거쳐 유의적으로 표면색과 미생물억제 효과를 보여주는 100 mg/mL로 정했다. L값은 저장 중 경시적으로 감소하는 경향을 보였으며 4ºC에서 저장했을 때 보다 21ºC에서 저장했을 때 감소폭이 컸으며, 특히 21ºC, 4일째 이후부터 백련초 추출물 처리구가 대조구에 비해 유의적으로 갈변억제가 나타난 것을 확인할 수 있었다. Weller 등[17]은 L값의 변화는 PPO 활성의 증가와 연관이 있으며, PPO는 조직의 노화와 저장시 스트레스를 받으면 활성이 증가된다고 하였다. a값은 저장기간이 경

Table 1. Color changes of fresh-cut apples during storage at 4°C and 21°C for 10 days

			Storage time (days)					
			0	2	4	6	8	10
L*	4°C	DS[1)]	64.55 ± 0.22[a3)]	63.58 ± 0.32[a]	64.54 ± 0.42[a]	61.85 ± 0.23[b]	62.24 ± 0.16[a]	62.21 ± 0.20[a]
		OPT[2)]	65.13 ± 0.42[a]	64.03 ± 0.14[a]	65.87 ± 0.28[a]	64.14 ± 0.08[a]	63.01 ± 0.21[a]	62.38 ± 0.09[a]
	21°C	Control	65.12 ± 0.52[a]	61.13 ± 0.77[b]	58.45 ± 0.73[c]	54.23 ± 1.01[c]	52.34 ± 1.23[b]	53.92 ± 0.88[c]
		OPT	65.26 ± 0.08[a]	61.54 ± 0.18[b]	61.41 ± 0.84[b]	58.86 ± 0.38[b]	56.74 ± 0.35[b]	57.31 ± 0.37[b]
a	4°C	Control	−2.29 ± 0.33[a]	−1.18 ± 0.26[a]	−1.99 ± 0.13[a]	−0.85 ± 0.05[ab]	1.21 ± 0.28[ab]	1.24 ± 0.52[ab]
		OPT	−2.42 ± 0.06[a]	−1.20 ± 0.08[a]	−2.13 ± 0.12[a]	−2.22 ± 0.17[a]	−1.85 ± 0.35[a]	−1.35 ± 0.18[a]
	21°C	Control	−2.34 ± 0.22[a]	−2.08 ± 0.48[a]	1.25 ± 0.18[b]	3.05 ± 0.17[b]	5.05 ± 0.24[b]	5.94 ± 0.45[b]
		OPT	−2.66 ± 0.03[a]	−1.89 ± 0.19[a]	−2.88 ± 0.15[a]	−0.18 ± 0.02[ab]	0.44 ± 0.13[ab]	1.16 ± 0.16[ab]
b	4°C	Control	18.04 ± 0.12[a]	17.94 ± 0.03[a]	17.48 ± 0.03[a]	17.92 ± 0.58[a]	18.99 ± 0.03[a]	18.65 ± 0.11[a]
		OPT	18.41 ± 0.69[a]	18.26 ± 0.06[a]	18.02 ± 0.10[a]	17.86 ± 0.15[a]	18.43 ± 0.05[a]	18.02 ± 0.62[a]
	21°C	Control	18.04 ± 0.35[a]	19.11 ± 0.81[a]	19.88 ± 0.03[a]	21.23 ± 0.19[b]	21.25 ± 0.22[a]	21.91 ± 0.37[a]
		OPT	18.28 ± 0.10[a]	19.14 ± 0.15[a]	19.95 ± 0.23[a]	19.16 ± 0.18[a]	20.33 ± 0.35[a]	20.31 ± 0.27[a]

1)Distilled water treated
2)Dipping in *Opuntia ficus-indica* extract
3)The experiments were repeated three times and data are expressed as mean ± standard deviation. Means in the same column with different letters (a, b, c or d) indicate significant differences ($p < 0.05$)

과함에 따라 증가하는 경향을 보였으며, 대조구에서 비교적 빠른 증가를 나타내었다. 백련초 추출물 처리구는 2일째부터 상대적인 갈변억제효과를 보였으며, 저장기간 동안 계속 유의적인 효과를 보인 것으로 나타났다. b값도 저장기간에 따라 다소 증가하였으며 4°C 저장시보다 21°C 저장시에 빠르게 증가가 나타났으나, 대조구와 백련초 추출물 처리구의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 결과적으로 백년초 추출물 처리는 절단사과의 갈변억제에 효과가 있는 것으로 나타났으며, 이를 이용한 천연갈변 억제제로서의 개발이 유용할 것으로 판단된다.

Peroxidase 활성 저해

신선편의식품은 가공, 저장 중 미생물 오염, 갈변, 연화 등으로 인하여 상품성이 떨어지게 된다. Peroxidase는 polyphenoloxidase와 함께 야채 및 과일의 산화환원 반응을 일으키는 갈변에 관련된 효소이다. 백년초 추출물을 처리한 신선절단 사과의 저장 중 peroxidase activity 저해 효과는 Fig. 1, 2와 같다.

신선절단 사과를 4°C에 저장한 대조구는 4일째까지 일정하게 유지되다 6일째부터 효소활성이 급격히 증가하였다. 그리고 25 mg/mL 처리구는 저장기간동안 계속 일정한 활성을 유지하다가, 8일째부터 감소하는 경향을 보였다. 50, 100 mg/mL 처리구도 6일째 이후부터 효소활성이 감소하였으며, 200 mg/mL 처리구는 4일째까지 급격히 감소하였으며 이후 일정한 값을 유지하다 10일째 크게 감소하는 경향을 보였다(Fig. 1). 21°C에 저장한 절단사과는 대조구와 25 mg/mL 처리구에서 일정한 비율로 증가하는 경향을 보였으며, 50 mg/mL 처리구는 10일 동안 계속 일정한 값을 유지하였다. 100, 200 mg/mL 처리구는 초기에 대

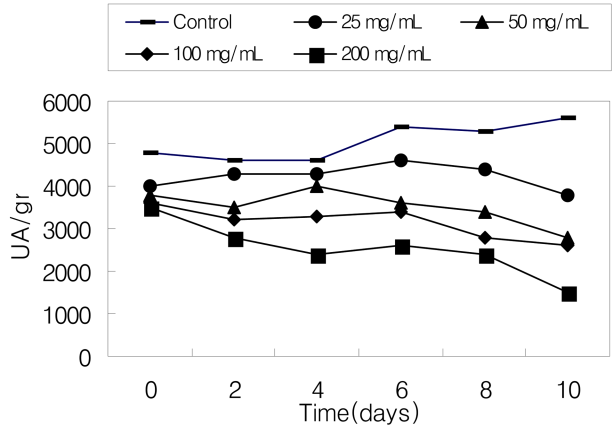

Fig. 1. Change in peroxidase activity of fresh-cut apples treated with immersion of *Opuntia ficus-indica* extract during storage at 4°C for 10 days.

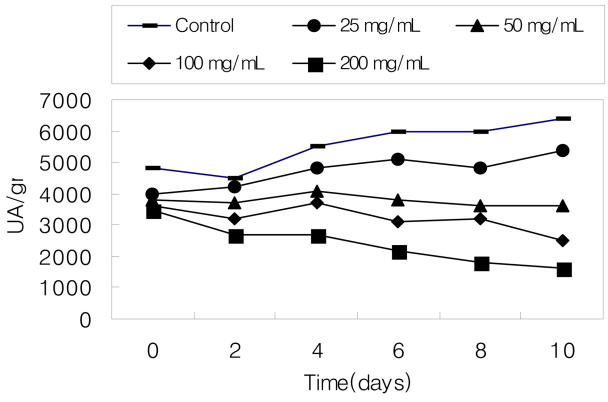

Fig. 2. Change in peroxidase activity of fresh-cut apples treated with immersion of *Opuntia ficus-indica* extract during storage at 21°C for 10 days.

조군에 비해 peroxidase activity가 60-80%의 활성을 보였으나 저장기간이 경과할수록 그 차이가 커져 10일째에는 20-50%의 peroxidase activity를 보여주었다(Fig. 2). 결과적으로 백년초 추출물의 농도가 커질수록 peroxidase activity 억제 효과가 크게 나타남을 확인할 수 있었으며, 갈변억제에 효과가 있음을 입증할 수 있었다.

황색포도상구균 생육저해

신선절단 사과에 황색포도상구균을 인위적으로 접종한 후 백년초 추출물 처리에 따른 저장 중 미생물 수 변화를 조사한 결과는 Table 2, 3과 같다. 저장 초기 백년초 추출물 대신 증류수를 처리한 대조구의 경우 사과에 접종된 황색포도상구균 농도는 5.48 log CFU/g 이었다. 백년초 추출물을 처리한 직후 처리 농도가 높아질수록 미생물수는 유의적으로($p < 0.05$) 감소함을 보였다.

신선절단 사과를 4ºC에 저장하였을 때(Table 2) 대조구는 저장기간 동안 거의 균수 변화가 없었고, 25 mg/mL 이상 처리했을 때 유의적으로 균수가 감소한 것을 확인할 수 있었다. 특히 50 mg/mL을 처리했을 때 2일째부터 균의 생육이 3 log CFU/g 이상 저해되었으며, 100 mg/mL 처리했을 때 4일째부터 균이 관찰되지 않았다. 전체적으로 백년초 추출물 농도가 증가할수록 황색포도상구균 생육저해에 유의적인($p < 0.05$) 효과를 보였다.

신선절단 사과를 21ºC에 저장했을 때(Table 3) 대조구는 저장 중 2일째 균수가 증가하였다가 이후 감소하는 경향을 보였다. 이는 저장기간이 경과함에 따라 사과 표면의 건조가 진행되어 미생물 생육 특성에 영향을 미친 것으로 판단된다[18]. 그리고 25 mg/mL 처리구는 2일째까지 크게 감소한 후 이후 저장기간동안 일정하게 유지되는 경향을 보였다. 또한 100 mg/mL 처리구에서는 2일째 이후에 균이 관찰되지 않음을 확인하였다. 전체적으로 백년초 추출물의 억제효과는 4ºC 저장 시 보다 21ºC 저장 시에 생육 억제 효과가 더 큰 것으로 판단되었다. 특히 100 mg/mL 이상 처리구에서 4일째부터 4, 21ºC 저장 시 모두 검출한계 이하로 관찰되어 본 연구에서 처리한 백년초 추출물이 신선절단사과에서 황색포도상구균 생육억제에 매우 효과적인 것임을 확인 할 수 있었다. 유사한 연구결과로서 Wu 등[19]이 크랜베리 추출물 25 μL/mL를 처리했을 때 황색포도상구균이 현저히 억제되었다고 보고하였으며, Seo 등[11]이 백년초추출물을 절단사과에 처리했을 때 *Escherichia coli* O157:H7과 *Listeria monocytogenes*가 억제되었다고 보고하였다. 또한 백년초 추출물 50 mg/mL를 Brain Heart Infusion 배지에서 *Streptococcus mutans*와 함께 배양한 후 균수를 측정한 결과 24시간 후에 균이 완전히 사멸되었다고 하는 연구결과도 있다[20]. 하지만 백년초 추출물의 항균효과에 대한 정확한 메카니즘은 아직 밝혀지지 않고 있으

Table 2. Change in viable cell count of *Staphylococcus aureus* in fresh-cut apples treated with immersion of *Opuntia ficus-indica* extract during storage at 4ºC for 8 days (log CFU/g)[1)]

Concentration (mg/mL)	Storage period				
	0 day	2 days	4 days	6 days	8 days
0	5.48 ± 0.11[a2)]	5.45 ± 0.28[a]	5.42 ± 0.23[a]	5.15 ± 0.61[a]	4.86 ± 0.42[a]
25	3.71 ± 0.35[b]	3.67 ± 0.64[b]	3.14 ± 1.02[b]	2.95 ± 0.33[b]	3.01 ± 0.29[b]
50	3.19 ± 0.82[c]	2.07 ± 0.92[b]	2.17 ± 0.85[b]	1.88 ± 0.43[b]	ND[3)]
100	2.53 ± 0.44[d]	1.23 ± 0.14[c]	ND	ND	ND
200	1.76 ± 0.63[d]	ND	ND	ND	ND

[1)]The experiments were repeated three times, and data are expressed as mean ± standard deviation.
[2)]Within the same column, means with different letters for the same species are significantly different ($p < 0.05$).
[3)]ND means < 1 log CFU/g (below detection limit).

Table 3. Change in viable cell count of *Staphylococcus aureus* in fresh-cut apples treated with immersion of *Opuntia ficus-indica* extract during storage at 21ºC for 8 days (log CFU/g)[1)]

Concentration (mg/mL)	Storage period				
	0 day	2 days	4 days	6 days	8 days
0	5.48 ± 0.11[a2)]	5.81 ± 0.04[a]	5.59 ± 0.65[a]	5.24 ± 0.24[a]	5.25 ± 0.53[a]
25	3.71 ± 0.35[b]	2.98 ± 0.14[b]	2.89 ± 0.25[b]	2.41 ± 0.12[b]	2.06 ± 0.15[b]
50	3.19 ± 0.82[b]	1.38 ± 0.55[c]	ND[3)]	ND	ND
100	2.53 ± 0.44[c]	ND	ND	ND	ND
200	1.76 ± 0.63[c]	ND	ND	ND	ND

[1)]The experiments were repeated three times, and data are expressed as mean ± standard deviation.
[2)]Within the same column, means with different letters for the same species are significantly different ($p < 0.05$).
[3)]ND means < 1 log CFU/g (below detection limit).

며, 이를 규명하기 위해 연구가 계속 진행되어야 할 것으로 여겨진다.

요 약

천연 갈변 및 미생물 억제제 소재를 발굴하기 위해 신선절단 사과에 백년초추출물을 처리하여 색도변화, peroxidase 활성, 황색포도상구균 생육을 조사하였다. 신선절단 사과의 L값은 백련초 추출물 처리구가 대조구에 비해 유의적으로 감소폭이 적어 갈변억제가 나타난 것을 확인할 수 있었으며, a값은 저장기간이 경과함에 따라 증가하였으며 백련초 추출물 처리구는 2일째부터 갈변억제효과를 보였다. Peroxidase 활성도 백년초 추출물 처리구에서 저장기간이 경과함에 따라 갈변억제효과를 확인하였다. 신선절단 사과에서 백년초 추출물 25 mg/mL 이상 처리구에서 유의적으로 황색포도상구균 생육억제 효과가 나타났으며, 온도별로는 21°C 저장시 억제효과가 더 큰 것으로 판단되었다. 특히 100 mg/mL 처리구에서 4일째부터 황색포도상구균이 검출한계 이하로 관찰되어 생육억제에 매우 효과적임을 확인 할 수 있었다. 따라서 본 연구결과, 백년초 추출물 처리는 신선절단 사과의 저장 중에 갈변억제 및 황색포도상구균의 생육억제에 효과적인 천연물이며, 향후 신선절단식품의 품질유지에 효과적인 식품첨가제로서 개발 가능하리라 판단된다.

참고문헌

1. Allende, A.F., Tomas, B. and Gil, MI.: Minimal processing for healthy traditional foods. *Trends Food Sci. Tech*., **17**, 513-519 (2006).
2. Watata, A.E., Abe, K. and Yanauchi, N.: Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. *Food Technol.*, **44**, 116-122 (1990).
3. Brecht, J.K.: Physiology of lightly processed fruits and vegetables. *HortScience*, **30**, 18-22 (1995).
4. Saftner, R.A., Abbott, J., Bhagwat, A.A. and Vinyard, B.: Quality measurement of intact and fresh-cut slices of Fuji, Granny Smith, Pink Lady and GoldRush apples. *J. Food Sci.*, **70**, 317-324 (2005).
5. Rupasinghe, H.P.V., Murr, D.P., DeEll, J.R. and Odumeru, J.: Effect of 1-methylcyclopropene(1-MCP) and NatureSealTM on the quality of fresh-cut apples. *J. Food Quality*, **28**, 289-307 (2005).
6. Soliva-Fortuny, R.C. and Martin-Belloso, O.: New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits. *Trends Food Sci. Technol*., **14**, 341-353 (2003).
7. Seo, Y.H., Jang, J.H. and Moon, K.D.: Occurrence and characterization of enterotoxigenic *Staphylococcus aureus* Isolated from minimally processed vegetables and sprouts in Korea. *Food Sci. Biotechnol*., **19**, 313-319 (2010).
8. Lee, C.B.: Korean flora. Hyangmun Publishing Co., Seoul, pp. 559-565 (1985).
9. Chung, H.J.: Antioxidative and antimicrobial activities of *Opuntia ficus-indica* var. saboten. *Korean J. Soc. Food Sci.,* **16**, 160-166 (2000).
10. Park, E.H. and Chun, M.J.: Wound healing activity of *Opuntia ficus-indica*. *Fitoterapia,* **72**, 165-167 (2001).
11. Seo, Y.H., Han, C.H., Lee, J.M., Choi, S.M. and Moon, K.D.: Effects of *Opuntia ficus indica* extracts on inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* on fresh-cut apples. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr*., **41**, 1009-1013 (2012).
12. Cho, I.K., Seo, K.S. and Kim, Y.D.: Antimicrobial activity, antioxidant effects and total polyphenol contents of extracts of prickly pear, *Opuntia ficus indica*. *Korean J. Food Preserv.,* **16**, 953-958 (2009).
13. Galati, E.M., Tripodo, M.M., Trovato, A., Miceli, N. and Monforte, M.T.: Biological effect of *Opuntia ficus indica*(L.) Mill. waste matter Note I: diuretic activity. *J. Ethnopharmacol,* **79**, 17-21 (2002).
14. Gurrieri, S., Miceli, L., Lanza, C.M., Toomaselli, F., Bonomo, R.P. and Rizzarelli, E.: Chemical characterization of Sicilian prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) and perspectives for the storage of its juice. *J. Agric. Food Chem.,* **48**, 5424-5431 (2000).
15. Aquino-Bolans, E.H. and Mercado-Silva, E.: Effects of polyphenol oxidase and peroxidase activity, phenolics and lignin content on the browning of cut jicama. *Postharvest Biol. Tech*., **33**, 275-283 (2004).
16. Zocca, A. and Ryugo, K.: Changes in polyphenoloxidase activity and substrate levels in maturing Golden Delicious apple and other cultivars. *HortScience*, **10**, 586-587 (1975).
17. Weller, A., Sims, C.A., Matthews, R.F., Bates, R.P. and Brecht J.K.: Browning susceptibility and changes in composition during storage of carambola silces. *J. Food Sci*., **62**, 256-260 (1997).
18. Gomez-Lopez, V.M., Devlieghere, F., Ragaert, P. and Debevere, J.: Shelf-life extension of minimally processed carrots by gaseous chlorine dioxide. *Int. J. Food Microbiol.,* **116**, 221-227 (2007).
19. Wu, V.C., Qiu, X., Bushway, A. and Harper, L.: Antibacterial effects of American cranberry (*Vaccinium macrocarpon*) concentrate on foodborne pathogens. *Food Sci. Tech.,* **41**, 1834-1841 (2008).
20. Jung, E.J., Hong, S.J., Choi, J.E., Jeong, S.S., Oh, H.N., Lee, H.J. and Choi, C.H.: In vitro growth inhibition of *Streptococcus mutans* by extract of prickly pear (*Opuntia ficus-indica* var. saboten Makino). *J. Korean Academy of Oral Health,* **34**, 28-35 (2010).