

## 백년초 추출물에 의한 신선절단 사과와 저장 중 *E. coli* O157:H7과 *Listeria monocytogenes*의 생육저해

서영호<sup>1\*</sup> · 한창호<sup>1</sup> · 이정미<sup>1</sup> · 최성민<sup>1</sup> · 문광덕<sup>2</sup>

<sup>1</sup>서울시보건환경연구원

<sup>2</sup>경북대학교 식품공학과

### Effects of *Opuntia ficus indica* Extracts on Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* on Fresh-cut Apples

Young-Ho Seo<sup>1\*</sup>, Chang-Ho Han<sup>1</sup>, Jeong-Mi Lee<sup>1</sup>, Sung-Min Choi<sup>1</sup>, and Kwang-Deog Moon<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Seoul Metropolitan Government Research Institute of Public Health and Environment, Gyeonggi-do 427-070, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

#### Abstract

We investigated the antibacterial effects of *Opuntia ficus indica* extracts on foodborne pathogens, *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes*, on the medium of sliced apples. Pathogens were inoculated on sliced apples and immersed for 10 min in *Opuntia ficus indica* extracts. Each sample was packaged and stored at 4°C and 21°C for 8 days. The populations of *E. coli* O157:H7 and *L. monocytogenes* significantly decreased with increasing extract concentration ( $p < 0.05$ ). In particular, *L. monocytogenes* was reduced to non-detectable levels after 2 days in 50 mg/mL treatment at 4°C and 21°C. *Opuntia ficus indica* extracts therefore have antibacterial effects on the two foodborne pathogens. Sensory evaluation results indicated that treated apples had better sensory characteristics than did the control. Therefore, the results suggest that *Opuntia ficus indica* extracts could be useful as a natural food preservative to improve microbial safety.

**Key words:** *Opuntia ficus indica*, fresh-cut, apple, *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*

#### 서 론

과일 및 채소류를 가장 최소한의 가공만을 행하여 신선한 품질 그대로 제공할 수 있는 신선편의식품의 수요가 증가하고 있다. 보통 최소가공처리를 거친 신선편의식품은 가공제품과 달리 보존성이 낮고, 식품의 생리적, 생화학적 변화와 미생물 오염이 쉽게 유발되는 특징이 있다(1,2). 신선편의식품에서 발생하여 식중독을 일으킬 수 있는 유해미생물은 *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* 등이 있으며 특히 *L. monocytogenes*와 *E. coli* O157:H7은 인체에 치명적일 수 있다고 알려져 있다(3). 이러한 신선편의식품의 미생물 안전성 확보를 위해 많은 연구가 이루어지고 있으며, 특히 건강 지향적 육류 증대와 안전성에 대한 의식고조로 합성 항균제에 대한 기피현상이 강하게 일고 있어, 천연물 항균제에 대한 선호도가 높아지고 있다.

백년초는 선인장과에 속하는 다년생 초본인 *Opuntia ficus indica*를 기원으로 한다(4). 백년초는 손바닥 선인장으

로도 불리며 줄기와 열매를 식용할 수 있어 국내뿐만 아니라 외국에서도 오래전부터 민간약재로 사용되어 왔다(5,6). 백년초의 효능으로는 변비치료, 이뇨효과, 장운동의 활성화, 염증 완화, 항 궤양 효과, 콜레스테롤 저하 및 고혈압 예방, 당뇨병 예방 효과 등이 보고되고 있다(7,8). 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 증가하고 있으나, 일본 및 남미 등에서 다양한 선인장 가공식품이 판매되는 것과 달리 국내에서는 제주지역을 중심으로 초콜릿, 차 등의 단순 가공식품만이 생산되고 있어 그 이용은 초기단계라 할 수 있다. 백년초의 주요 성분으로는 flavonoids, alkaloids, polypeptides,  $\beta$ -sistosterol, saponin, anhalinin, isobetain, betain 등이 있음이 밝혀졌으며, flavonoids 중에는 isorhamnetin, quercetin, (+)trans-dihydrokaempferol, (+)trans-dihydroquercetin 등이 존재함이 확인되었다(8,9). 이러한 성분들은 여러 연구에서 항균 효과가 있음이 밝혀져 백년초에 항균효과가 존재할

\*Corresponding author. E-mail: yangkok1@seoul.go.kr  
Phone: 82-2-3401-6292, Fax: 82-2-3401-6742

가능성을 제시한다.

백년초에 관한 연구를 살펴보면 Chung(10)은 백년초 열매가 추출되는 용매에 따라 세균의 증식을 억제하여 천연 항균제로서 효과가 있다고 보고하였고, Cho 등(11)은 백년초의 생리활성 효과를 검정하였으며, Jung 등(12)은 백년초 열매추출물이 *Streptococcus mutans*의 성장을 억제한다는 연구를 보고하였다. 또한 Kim 등(13)은 백년초 추출물이 *Salmonella*와 *E. coli* O157:H7을 억제한다고 발표하였으며, 국외에서도 Galati 등(14)이 백년초가 미생물에 미치는 효과를 발표하였다. 그리고 Gurrieri 등(15)은 백년초 추출물이 주스의 저장기간을 늘이는데 효과가 있다고 보고하였다. 하지만 백년초 추출물을 신선편의식품에 적용하여 식중독균 생육저해 효과를 연구한 사례는 거의 찾아보기 어렵다.

따라서 본 연구에서는 신선편의식품 중 절단면이 크고 미생물 오염 가능성이 높은 신선절단 사과에 대표적 병원성 미생물인 *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes*를 인위적으로 접종하여 백년초 추출물을 처리한 후 저장 중 미생물 수 감소 및 미생물 변화에 미치는 영향을 조사함으로써 백년초 추출물의 천연 항균제로서 가능성을 제시하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 백년초 추출물

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

### 재료

서울시내 대형 마트에서 유통 중인 후지(Fuji) 사과를 구입한 후 4°C에 보관하여 24시간 이내에 사용하였다. 시료는 외관 상태가 양호하고 무게가 개당 200~250 g인 것으로 선별하여 일정한 크기(두께 0.3~0.5 mm, 무게 10 g)로 절단 후 실험에 사용하였다.

### 미생물 배양

*E. coli* O157:H7(ATCC 43894)과 *L. monocytogenes* (ATCC 19111)의 균주를 분양받은 후 -80°C 초저온 냉동고에서 20% glycerol stock(v/v) 형태로 보관하며 실험에 사용하였다. *E. coli* O157:H7은 Sorbitol MacConkey agar (SMAC, Difco, Detroit, MI, USA)를 사용하여 37°C에서 24시간 동안 배양하고, *L. monocytogenes*는 modified Oxford medium agar(MOX, Difco)를 사용하여 37°C, 48시간 동안 배양 후 형성된 각 균주의 단일 집락을 Tryptic soy broth (TSB, Difco)와 Brain heart infusion broth(BHI, Difco)에 접종하여 37°C에서 각각 24시간, 48시간 동안 배양하여 균주

를 활성화하였다. 배양한 *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes* cell culture를 0.1% 멸균인산완충액에 재현탁시키고 원심분리(4,000 $\times$ g, 15 min)하여 2회 세척한 후 침전된 cell pellet을 회석하여 균 집중액으로 사용하였다.

### 균 접종 및 백년초 추출물 처리

신선절단 사과에 *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes* 각 10<sup>7</sup> CFU의 균 집중액(sample : inoculum solution ratio=1:5, w/v)에 10분 동안 침지시켰다. 이때 *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes*의 초기 균수는 5~6 log CFU/mL가 되게 하였다. 균이 잘 부착될 수 있도록 clean bench에서 10분 동안 건조한 후 미리 제조해 놓은 백년초 추출물 25, 50, 100, 200 mg/mL 회석액에 10분간 침지시켜 처리하였다. 침지 후 10분 동안 건조한 후 멸균 bag에 넣고 저장온도를 4°C와 21°C로 나누어 8일 동안 이틀간격으로 균수를 측정하였다.

### 미생물 생육 측정

백년초 추출물 처리 후, 시료 25 g을 멸균인산완충액 225 mL와 함께 멸균 bag에 넣고 1분 동안 stomacher(Stomacher Lab Blender 400, Seward, NY, USA)로 균질화시켜 시험용액으로 하고, 이를 멸균인산완충액으로 단계별로 희석하여 각각의 선택배지에 분주하였다. *E. coli* O157:H7은 Sorbitol MacConkey agar(SMAC, Difco)를 사용하여 37°C에서 24시간 동안 배양하고, *L. monocytogenes*는 modified Oxford medium agar(MOX, Difco)를 사용하여 37°C, 48시간 동안 배양 후 형성된 colony를 계수하였다.

### 관능평가

신선절단 사과에 백년초 추출물 25, 50, 100, 200 mg/mL를 처리한 구와 대조구에 대한 관능검사를 실시하였다. 관능평가는 신선 과일류의 외관품질 평가에 경험이 있는 관능평가요원 25명을 대상으로 4°C에서 7일간, 21°C에서 3일간 저장한 신선절단 사과의 색(color), 신선도(freshness), 외관품질(visual quality) 항목에 대하여 9점 척도의 차이식별 검사를 실시하였다. 이때 평가점수가 클수록 품질이 우수한 것을 의미하며, 평가점수가 낮아질수록 품질이 저하된 것을 의미한다.

### 통계적 처리

모든 실험은 3회 반복하여 측정하였고, 통계처리는 통계 프로그램(SAS Institute Inc., Ver. 9.1, Cary, NC, USA)의 ANOVA(Duncan's multiple range test) 분산분석으로 처리하여 평균값의 유의차(p<0.05)를 검증하여 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### *E. coli* O157:H7 생육저해 분석

신선절단 사과에 *E. coli* O157:H7을 인위적으로 접종한 후 백년초 추출물 처리에 따른 저장 중 미생물 수 변화를

Table 1. Change in viable cell count of *E. coli* O157:H7 in fresh-cut apples treated with immersion of *Opuntia ficus-indica* extract during storage at 4°C for 8 days (log CFU/g)<sup>1)</sup>

| Microorganism          | Concentration (mg/mL) | Storage period           |                         |                        |                         |                         |
|------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                        |                       | 0 day                    | 2 days                  | 4 days                 | 6 days                  | 8 days                  |
| <i>E. coli</i> O157:H7 | 0                     | 5.69±0.14 <sup>a2)</sup> | 5.38±0.08 <sup>a</sup>  | 5.88±0.16 <sup>a</sup> | 5.72±0.33 <sup>a</sup>  | 5.73±0.53 <sup>a</sup>  |
|                        | 25                    | 5.72±0.22 <sup>a</sup>   | 5.45±0.24 <sup>a</sup>  | 5.51±0.10 <sup>a</sup> | 5.52±0.32 <sup>a</sup>  | 5.36±0.11 <sup>ab</sup> |
|                        | 50                    | 5.31±0.34 <sup>ab</sup>  | 4.18±0.57 <sup>ab</sup> | 4.22±0.06 <sup>b</sup> | 3.68±0.25 <sup>b</sup>  | 3.36±0.80 <sup>bc</sup> |
|                        | 100                   | 5.01±0.57 <sup>b</sup>   | 3.81±0.34 <sup>ab</sup> | 2.85±0.07 <sup>c</sup> | 2.37±0.63 <sup>c</sup>  | 2.32±0.23 <sup>cd</sup> |
|                        | 200                   | 4.66±0.04 <sup>c</sup>   | 3.05±0.55 <sup>b</sup>  | 2.64±0.10 <sup>c</sup> | 1.89±1.13 <sup>cd</sup> | 1.52±1.55 <sup>d</sup>  |

<sup>1)</sup>The experiments were repeated three times, and data are expressed as mean±standard deviation.

<sup>2)</sup>Within the same column, means with different letters for the same species are significantly different (p<0.05).

Table 2. Change in viable cell count of *E. coli* O157:H7 in fresh-cut apples treated with immersion of *Opuntia ficus-indica* extract during storage at 21°C for 8 days (log CFU/g)<sup>1)</sup>

| Microorganism          | Concentration (mg/mL) | Storage period           |                        |                         |                         |                        |
|------------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
|                        |                       | 0 day                    | 2 days                 | 4 days                  | 6 days                  | 8 days                 |
| <i>E. coli</i> O157:H7 | 0                     | 5.69±0.14 <sup>a2)</sup> | 6.15±0.25 <sup>a</sup> | 5.52±0.36 <sup>a</sup>  | 5.24±0.13 <sup>a</sup>  | 5.15±0.32 <sup>a</sup> |
|                        | 25                    | 5.72±0.22 <sup>a</sup>   | 5.73±0.28 <sup>b</sup> | 5.39±0.33 <sup>ab</sup> | 5.25±0.32 <sup>ab</sup> | 4.86±0.44 <sup>a</sup> |
|                        | 50                    | 5.31±0.34 <sup>ab</sup>  | 4.16±0.37 <sup>b</sup> | 4.02±0.16 <sup>bc</sup> | 3.50±0.05 <sup>bc</sup> | 3.16±0.45 <sup>b</sup> |
|                        | 100                   | 5.01±0.57 <sup>b</sup>   | 3.78±0.15 <sup>b</sup> | 2.29±0.38 <sup>cd</sup> | 1.95±0.63 <sup>cd</sup> | 1.92±0.33 <sup>c</sup> |
|                        | 200                   | 4.66±0.04 <sup>c</sup>   | 2.86±0.28 <sup>b</sup> | 1.78±0.02 <sup>d</sup>  | ND <sup>3)</sup>        | ND                     |

<sup>1)</sup>The experiments were repeated three times, and data are expressed as mean±standard deviation.

<sup>2)</sup>Within the same column, means with different letters for the same species are significantly different (p<0.05).

<sup>3)</sup>ND means <1 log CFU/g (below detection limit).

조사한 결과는 Table 1, 2와 같다. 저장 초기 백년초 추출물 대신 증류수를 처리한 대조구의 경우 사과에 접종된 *E. coli* O157:H7은 5.69 log CFU/g이었다. 백년초 추출물 처리 직후 50 mg/mL 처리구에서 초기 미생물이 감소한 것으로 나타났으며, 처리 농도가 높아질수록 미생물수는 유의적으로(p<0.05) 감소함을 보였다.

4°C에 저장하였을 때(Table 1) 대조구는 8일 동안 거의 균수 변화가 없었고, 50 mg/mL 이상 처리했을 때 유의적으로 균수가 감소한 것을 확인할 수 있었다. 특히 100 mg/mL를 처리했을 때 4일째부터 3 log CFU/g 이상 균의 생육이 저해되었으며, 백년초 추출물 농도가 증가할수록 *E. coli* O157:H7 생육저해에 유의적인(p<0.05) 효과를 보였다.

21°C에 저장했을 때(Table 2) 대조구는 저장 중 2일째 균수가 증가하였다가 이후 감소하는 경향을 보였다. 이는 저장 기간이 경과함에 따라 사과 표면의 건조가 진행되어 미생물 생육 특성에 영향을 미친 것으로 판단된다(16). 그리고 25 mg/mL 처리구도 저장 중 대조구와 유사한 경향을 보였으나, 대조구에 비해 감소폭이 상대적으로 크게 나타났다. 또한 50 mg/mL 이상 처리구에서 유의적으로 *E. coli* O157:H7 생육저해 효과가 나타났음을 확인할 수 있었으며, 100 mg/mL 처리구에서 4일째부터 2 log CFU/g 수준으로 균이 감소하였다. 그리고 200 mg/mL 처리구에는 6일째 이후에 균이 관찰되지 않음을 확인하였다. 전체적으로 백년초 추출물의 *E. coli* O157:H7 억제효과는 4°C 저장 시보다 21°C 저장 시에 생육 억제효과가 더 큰 것으로 판단되었다. 백년초의 항균력에 관한 연구를 살펴보면 Chung(10)은 백년초 열매 추출물의 농도를 0, 2.5, 5.0 mg/disc로 하여 항균력 실험을 한

결과, 추출물이 *E. coli*에 강한 증식억제 효과를 나타내며, 항균력은 농도에 비례한다고 보고하였다. 또한 백년초 추출물 50 mg/mL를 Brain Heart Infusion 배지에서 *Streptococcus mutans*와 함께 배양한 후 시간 변화에 따라 균수를 측정한 결과 24시간 후에 균이 완전히 사멸되었다고 하는 연구결과도 있다(12). 하지만 백년초 추출물을 신선절단 사과 같은 신선편의식품에 적용하여 미생물 억제 효과를 확인한 연구는 거의 찾아보기 어려우며 앞으로 이에 대한 연구가 더욱 필요한 것으로 판단된다.

#### *L. monocytogenes* 생육저해 분석

신선절단 사과에 백년초 추출물을 처리한 후 *L. monocytogenes*의 균수변화를 조사한 결과는 Table 3, 4에 나타내었다. 4°C에 저장한 대조구는 저장기간에 따라 점차 균수가 감소하는 경향을 보였으며, 21°C에 저장한 대조구도 이와 유사한 경향을 나타내었다. 전체적으로 대조구는 *E. coli* O157:H7과 유사한 경향을 나타낸 반면, 백년초 추출물 처리구는 *E. coli* O157:H7에 비교하여 매우 민감하게 반응하였으며 저장 온도별 차이는 크게 나타나지 않았다. 25 mg/mL 처리구는 처리 직후 2 log CFU/g 이상 감소하였으며, 대조구와 비교하여 유의적으로(p<0.05) 균 생육저해를 확인하였다. 특히 50 mg/mL 이상 처리구에서 2일째부터 4, 21°C 저장 시 모두 *L. monocytogenes*가 검출한계 이하로 관찰되어 본 연구에서 처리한 백년초 추출물이 신선절단사과에서 *L. monocytogenes* 생육억제에 매우 효과적인 것임을 확인할 수 있었다. 유사한 연구결과로서 Wu 등(17)이 크랜베리 추출물 25 µL/mL를 처리했을 때 *L. monocytogenes*가 현저히 억제되었다고 보고하였으며, Moon 등(18)이 vanillin이 사과

Table 3. Change in viable cell count of *L. monocytogenes* in fresh-cut apples treated with immersion of *Opuntia ficus-indica* extract during storage at 4°C for 8 days (log CFU/g)<sup>1)</sup>

| Microorganism           | Concentration (mg/mL) | Storage period           |                        |                        |                        |                        |
|-------------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                         |                       | 0 day                    | 2 days                 | 4 days                 | 6 days                 | 8 days                 |
| <i>L. monocytogenes</i> | 0                     | 5.58±0.03 <sup>a2)</sup> | 5.01±0.20 <sup>a</sup> | 5.22±0.15 <sup>a</sup> | 4.97±0.52 <sup>a</sup> | 4.88±0.31 <sup>a</sup> |
|                         | 25                    | 3.62±0.32 <sup>b</sup>   | 3.17±0.14 <sup>b</sup> | 3.10±0.25 <sup>b</sup> | 2.64±0.12 <sup>b</sup> | 2.71±0.15 <sup>b</sup> |
|                         | 50                    | 2.69±0.72 <sup>c</sup>   | ND <sup>3)</sup>       | ND                     | ND                     | ND                     |
|                         | 100                   | 1.33±0.75 <sup>d</sup>   | ND                     | ND                     | ND                     | ND                     |
|                         | 200                   | 1.10±0.33 <sup>d</sup>   | ND                     | ND                     | ND                     | ND                     |

<sup>1)</sup>The experiments were repeated three times, and data are expressed as mean±standard deviation.

<sup>2)</sup>Within the same column, means with different letters for the same species are significantly different (p<0.05).

<sup>3)</sup>ND means <1 log CFU/g (below detection limit).

Table 4. Change in viable cell count of *L. monocytogenes* in fresh-cut apples treated with immersion of *Opuntia ficus-indica* extract during storage at 21°C for 8 days (log CFU/g)<sup>1)</sup>

| Microorganism           | Concentration (mg/mL) | Storage period           |                        |                        |                        |                        |
|-------------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                         |                       | 0 day                    | 2 days                 | 4 days                 | 6 days                 | 8 days                 |
| <i>L. monocytogenes</i> | 0                     | 5.58±0.03 <sup>a2)</sup> | 5.55±0.05 <sup>a</sup> | 5.41±0.13 <sup>a</sup> | 5.34±0.04 <sup>a</sup> | 5.18±0.88 <sup>a</sup> |
|                         | 25                    | 3.62±0.32 <sup>b</sup>   | 2.98±0.14 <sup>b</sup> | 2.89±0.25 <sup>b</sup> | 2.41±0.12 <sup>b</sup> | 2.06±0.15 <sup>b</sup> |
|                         | 50                    | 2.69±0.72 <sup>c</sup>   | ND <sup>3)</sup>       | ND                     | ND                     | ND <sup>3)</sup>       |
|                         | 100                   | 1.33±0.75 <sup>d</sup>   | ND                     | ND                     | ND                     | ND                     |
|                         | 200                   | 1.10±0.33 <sup>d</sup>   | ND                     | ND                     | ND                     | ND                     |

<sup>1)</sup>The experiments were repeated three times, and data are expressed as mean±standard deviation.

<sup>2)</sup>Within the same column, means with different letters for the same species are significantly different (p<0.05).

<sup>3)</sup>ND means <1 log CFU/g (below detection limit).

주스에서 *L. monocytogenes*를 억제한다고 보고하였다. 또한 Jeong 등(19)은 백년초에 포함되어 있는 플라보노이드 성분의 구조를 밝혀 보고했는데, 플라보노이드는 폴리페놀 화합물로서 항산화 작용, 항알레르기, 항균, 항바이러스, 항암효과 등 여러 생리활성 기능이 밝혀져 있다(20). Gnana-manickam과 Smith(21)는 플라보노이드를 이용하여 여러 그람양성 및 음성세균에 항균력 실험을 시행한 결과, 플라보노이드는 그람양성세균에 뛰어난 효과를 나타낸다고 보고하였다.

본 논문에서는 백년초 추출물의 낮은 pH에 주목하였다 (Table 5). 특히 *L. monocytogenes*는 낮은 pH에 민감하기 때문에 신선절단사과와 백년초 추출물의 낮은 pH로 인해 미생물 억제효과가 더욱 크게 나타난 것으로 추측된다. 이를 근거로 하여 백년초 추출물에 함유되어 있는 플라보노이드와 낮은 pH가 복합적으로 작용하여 *L. monocytogenes*에 보다 민감하게 작용한 것으로 추측되지만, 이에 대한 정확한 메커니즘을 규명하기 위해서는 연구가 계속 진행되어야 할 것으로 여겨진다.

Table 5. pH of the media added with *Opuntia ficus-indica* extract

| Medium          | Concentrations of the <i>Opuntia ficus-indica</i> extract (mg/mL) |     |     |     |     |
|-----------------|---|-----|-----|-----|-----|
|                 | 0   | 25  | 50  | 100 | 200 |
| Distilled water | 6.7 <sup>1)</sup>   | 4.4 | 3.4 | 3.0 | 3.0 |

<sup>1)</sup>Values were means of three repeats and measured at the start of the experiment.

#### 관능적 품질의 변화

신선절단 사과에 백년초 추출물 25, 50, 100, 200 mg/mL를 처리한 후 외관적 품질에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 4°C에서 7일간, 21°C에서는 3일간 저장 후 색(color), 신선도(freshness), 외관품질(visual quality) 항목에 대해 관능평가를 실시하였다(Table 6). 먼저 4°C에서 7일간 저장한 신선절단 사과에서는 200 mg/mL 백년초 추출물 처리구가 색 항목에서 가장 높은 6.0점을 얻었으며, 100 mg/mL 처리구도 5.6점을 얻어 유의적으로 변색이 적게 나타났음을 알 수 있었다. 신선도 항목에서도 50 mg/mL 이상의 처리구에서 유의

Table 6. Sensory characteristics<sup>1)</sup> of fresh-cut apples with *Opuntia ficus-indica* extract

|                              | Concentration (mg/mL) | Color                  | Freshness            | Visual quality        |
|------------------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|
| After 7 days storage at 4°C  | 0                     | 4.8±1.8 <sup>b2)</sup> | 5.3±1.5 <sup>b</sup> | 4.6±1.8 <sup>b</sup>  |
|                              | 25                    | 4.6±1.6 <sup>b</sup>   | 5.5±1.1 <sup>b</sup> | 4.9±1.9 <sup>b</sup>  |
|                              | 50                    | 5.0±1.5 <sup>b</sup>   | 5.5±2.1 <sup>b</sup> | 5.3±1.5 <sup>b</sup>  |
|                              | 100                   | 5.6±2.0 <sup>ab</sup>  | 6.2±1.3 <sup>a</sup> | 5.5±1.7 <sup>b</sup>  |
|                              | 200                   | 6.0±1.4 <sup>a</sup>   | 6.6±1.4 <sup>a</sup> | 6.8±1.8 <sup>a</sup>  |
| After 3 days storage at 21°C | 0                     | 3.6±1.7 <sup>b</sup>   | 4.5±1.3 <sup>b</sup> | 4.1±2.0 <sup>b</sup>  |
|                              | 25                    | 3.8±2.2 <sup>b</sup>   | 4.5±1.2 <sup>b</sup> | 4.2±1.3 <sup>b</sup>  |
|                              | 50                    | 4.7±1.5 <sup>ab</sup>  | 4.7±1.8 <sup>b</sup> | 4.8±1.9 <sup>ab</sup> |
|                              | 100                   | 5.0±1.5 <sup>ab</sup>  | 5.4±1.7 <sup>a</sup> | 5.2±1.5 <sup>ab</sup> |
|                              | 200                   | 5.5±1.8 <sup>a</sup>   | 5.6±1.4 <sup>a</sup> | 5.9±1.7 <sup>a</sup>  |

<sup>1)</sup>Values are means of three replicates at least.

<sup>2)</sup>Within the same column, means with different letters for the same species are significantly different (p<0.05).

As the value increases from 1 to 9, the intensity of sensory characteristics increases. Samples were scored on a 1~9 scale, 9=excellent and 1=unacceptable.

적으로 높은 점수를 받아 백년초 추출물 처리가 신선도를 좀 더 오랫동안 유지시키는 것을 확인할 수 있었다. 외관품질의 경우, 평가 점수 5.0을 기준으로 상품성의 한계를 가정할 때 50 mg/mL 이상의 처리구에서 5.0 이상의 점수를 받았으며, 200 mg/mL 처리구에서는 6.8의 높은 점수를 얻었다. 그리고 21°C에서 3일간 저장한 신선절단 사과에서는 모든 항목에서 50 mg/mL 이상 처리구에서 유의적으로 높은 점수를 받아 백년초 추출물 처리구가 품질 면에서 우수한 것으로 나타났다.

결론적으로 100~200 mg/mL 이상의 백년초 추출물 처리가 신선절단 사과의 품질을 잘 유지하는 것으로 나타났다. 그러므로 백년초 추출물은 신선절단 사과의 저장 중 품질을 유지하는데 유용한 것으로 나타났으며 향후 다른 신선식품에도 적용 가능하리라 여겨진다.

## 요 약

신선절단 사과에 *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes*를 인위적으로 접종한 후 백년초 추출물 처리에 따른 저장 중 미생물 수 변화를 조사하였다. 신선절단 사과에 접종된 *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes*의 초기 군수가 5~6 log CFU/g이 되게 하였고, 사용한 백년초 추출물은 25, 50, 100, 200 mg/mL이었으며 4, 21°C에서 8일간 저장하였다. *E. coli* O157:H7은 백년초 추출물 50 mg/mL 이상 처리구에서 유의적으로 *E. coli* O157:H7 생육저해 효과가 나타났음을 확인할 수 있었으며, 온도별로는 21°C 저장 시에 생육 억제효과가 더 큰 것으로 판단되었다. *L. monocytogenes*는 *E. coli* O157:H7에 비교하여 매우 민감하게 반응하였으며 저장 온도별 차이는 크지 않았다. 특히 50 mg/mL 이상 처리구에서 2일째부터 4, 21°C 저장 시 모두 *L. monocytogenes*가 검출한계 이하로 관찰되어 생육억제에 매우 효과적임을 확인할 수 있었다. 그리고 관능평가에서는 100~200 mg/mL 이상의 백년초 추출물 처리가 신선절단 사과의 품질을 잘 유지하는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구결과, 백년초 추출물 처리는 신선절단 사과의 저장, 유통 중 오염될 수 있는 *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes*의 생육억제에 매우 효과적인 천연물이며, 향후 미생물학적 안전성 확보와 신선식품의 품질유지 향상에 효과적인 천연물 항균제로서 개발 가능하리라 판단된다.

## 문 헌

- Allende AF, Tomas B, Gil MI. 2006. Minimal processing for healthy traditional foods. *Trends Food Sci Tech* 17: 513-519.
- Hans F, Cecilia GM, Katia LO, Mariza L, Bernadette DG, Franco M, Maria TD. 2007. Minimally processed vegetable salads: microbial quality evaluation. *J Food Prot* 70: 1277-1280.
- FDA Center for Food Safety and Applied Nutrition. 2001.

Outbreak associated with fresh and fresh-cut produce: incidence, growth and survival of pathogens in fresh and fresh-cut produce.

- Lee CB. 1985. *Korean flora*. Hyangmun Publishing Co., Seoul, Korea. p 559-565.
- Ahn DK. 1998. *Illustrated book of Korean medicinal herb*. Kyohaksa, Seoul, Korea. p 497-499.
- Hotta M. 1989. *Useful plants of the world*. Pyungbumsa, Tokyo, Japan. p 53-56.
- Chung HJ. 2000. Antioxidative and antimicrobial activities of *Opuntia ficus-indica* var. saboten. *Korean J Soc Food Sci* 16: 160-166.
- Park EH, Chun MJ. 2001. Wound healing activity of *Opuntia ficus-indica*. *Fitoterapia* 72: 165-167.
- Park EH, Kahng JH, Lee SH, Shin KH. 2001. An anti-inflammatory principle from cactus. *Fitoterapia* 72: 288-290.
- Chung HJ. 2000. Antioxidative and antimicrobial activities of *Opuntia ficus-indica* var. saboten. *Korean J Soc Food Sci* 16: 160-166.
- Cho IK, Seo KS, Kim YD. 2009. Antimicrobial activity, antioxidant effects and total polyphenol contents of extracts of prickly pear, *Opuntia ficus indica*. *Korean J Food Preservation* 16: 953-958.
- Jung EJ, Hong SJ, Choi JE, Jeong SS, Oh HN, Lee HJ, Choi CH. 2010. *In vitro* growth inhibition of *Streptococcus mutans* by extract of prickly pear (*Opuntia ficus-indica* var. saboten Makino). *J Korean Acad Oral Health* 34: 28-35.
- Kim SH, Kwon NH, Kim JY, Lim JY, Bae WK, Kim JM, Noh KM, Hur J, Jung WK, Park KT, Lee JE, Ra JC, Park YH. 2002. Antimicrobial activity of natural product made by *Opuntia ficus-indica* var. saboten against *Salmonella* spp. and *Escherichia coli* O157:H7. *J Fd Hyg Safety* 17: 71-78.
- Galati EM, Tripodo MM, Trovato A, Miceli N, Monforte MT. 2002. Biological effect of *Opuntia ficus indica* (L.) Mill. (Cactaceae) waste matter. Note I: diuretic activity. *J Ethnopharmacol* 79: 17-21.
- Gurrieri S, Miceli L, Lanza CM, Toomaselli F, Bonomo RP, Rizzarelli E. 2000. Chemical characterization of Sicilian prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) and perspectives for the storage of its juice. *J Agric Food Chem* 48: 5424-5431.
- Gomez-Lopez VM, Devlieghere F, Ragaert P, Debever J. 2007. Shelf-life extension of minimally processed carrots by gaseous chlorine dioxide. *Int J Food Microbiol* 116: 221-227.
- Wu VC, Qiu X, Bushway A, Harper L. 2008. Antibacterial effects of American cranberry (*Vaccinium macrocarpon*) concentrate on foodborne pathogens. *Food Sci Tech* 41: 1834-1841.
- Moon KD, Delaquis P, Toivonen P, 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.
- Jeong SJ, Jun KY, Kang TH, Ko EB, Kim YC. 1999. Flavonoids from the fruits of *Opuntia ficus-indica* var. saboten. *Nat Prod Sci* 30: 84-86.
- Rauha JP, Remes S, Heinonen M, Hopia A, Kahkonen M, Kujara T. 2000. Antimicrobial effects of finnish plant extracts containing flavonoids and other phenolic compounds. *Int J Food Microbiol* 56: 3-12.
- Gnanamanickam SS, Smith DA. 1980. Selective toxicity of isoflavonoid phytoalexins to gram-positive bacteria. *Phytopathology* 70: 894-896.

(2012년 3월 7일 접수; 2012년 4월 24일 채택)