

양배추의 미생물 오염도 평가 및 제어

조준일 · 김근성 · 박경진¹ · 하상도*
중앙대학교 식품공학과, ¹한국보건산업진흥원

Microbial Assessment of Wild Cabbage and its Control

Joon-II Cho, Keun-Sung Kim, Gyung-Jin Bahk¹, and Sang-Do Ha*

Department of Food Science and Technology, Chung-Ang University

¹Korea Health Industry Development Institute

In this study, untreated (UT), water soaking (WT), and sanitizing solutions [chlorine at 100 ppm (CL); ethanol at 10% (ET); hydrogen peroxide at 1% (HP); chlorine at 100 ppm + ethanol at 10% (CE); chlorine at 100 ppm + hydrogen peroxide at 1% (CH); ethanol at 10% + hydrogen peroxide at 1% (EH); chlorine at 100 ppm + ethanol at 10% + hydrogen peroxide at 1% (CEH)] were compared in terms of their antimicrobial effectiveness against natural microflora of wild cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*). All samples were kept in sanitizing solutions for 2 min, and effectiveness of sanitizing agents was evaluated based on number of decimal reduction of total aerobic mesophilic, total coliforms, *E. coli*, lactic acid bacteria, and yeast and mold counts. Average initial levels of these organisms in samples were 9.21 ± 0.15 , 6.60 ± 0.06 , 6.08 ± 0.03 , and $3.66 \pm 0.08 \log_{10}$ CFU/g for total aerobic mesophilic bacteria, total coliforms, lactic acid bacteria, and yeasts and molds, respectively. *Escherichia coli* was not detected in any tested samples. Decimal reduction of populations of total aerobic mesophilic, total coliforms, *E. coli*, lactic acid bacteria, and yeasts and molds were: in WT 8.09, 5.36, 5.82, and 3.57 \log_{10} CFU/g; in CL 7.39, 4.10, 5.24, 2.45 \log_{10} CFU/g; in ET 6.78, 4.23, 5.20, 2.50 \log_{10} CFU/g; in HP 6.11, 4.27, 5.28, 2.46 \log_{10} CFU/g; in CE 6.18, 4.26, 5.31, 2.49 \log_{10} CFU/g; in CH 6.10, 3.77, 5.33, 2.46 \log_{10} CFU/g; in EH 6.07, 3.82, 4.76, 2.41 \log_{10} CFU/g; and in CEH 5.27, 3.45, 4.45, 2.15 \log_{10} CFU/g, respectively. Statistical analysis of the results showed effectiveness of CEH sanitizing solution for elimination of microbial contamination was the highest among all sanitizer treatments.

Key words: wild cabbage, sanitizer, microbial assessment, ethanol, chlorine, hydrogen peroxide

서 론

최근 경제 성장에 따른 소득의 증가로 국민들의 식생활 패턴이 건강과 직결된 채식과 신선편이 식품을 선호하는 추세로 변화되고 있다. 특히 건강 유지와 비만에 대한 경각심이 사회적 이슈로 떠오르면서 채소류에 관한 수요와 공급이 확산되고 있으며 catering industry를 비롯해 일반 가정에서조차 비용 및 노동의 이유로 인해 이미 peeling, slicing, grating, shredding 상태를 거쳐 최소 가공된 농작물의 구매를 지향하고 소비자들 역시 신선하며 자연의 성분이 그대로 보존된 ready-to-use, ready-to-eat 형태의 농작물 구매를 선호하는 경향이 증가하고 있다(1).

그러나 최소 가공된 농작물은 육류 및 어패류와 달리 특별한 열처리를 하지 않고 주로 생식으로 섭취되기 때문에 미생

물학적 안전성에 있어 식중독 발병의 원인으로 문제시되고 있다. 식중독을 일으키는 미생물 중 *Listeria monocytogenes*는 부패한 채소(2), 농작물(3), 무, 오이, 양배추 및 감자(4) 등에서 검출되었으며 미국, 캐나다 등 북미지역에서는 양배추로 만든 샐러드가 식중독 발생원인매체로 판명되기도 하였다(5). 또한 *Escherichia coli* O157:H7은 1982년 미국에서 식중독을 일으키는 인체 병원균으로 최초 확인되었으며(6), 그 이후로 비 살균된 사과주스와 우유, 감자, 물 등에서 발견되었다(7). *Salmonella*에 의한 식중독은 매년 미국에서 696,000-3,840,000건이 보고되고 있는데 그 주된 원인 식품은 계란으로 알려지고 있다(8). *Staphylococcus aureus*는 식품 중에 장내독소를 생성하여 식중독을 일으키는 독소형 식중독균으로서 우유 및 상추, 오이 등의 식품에서 발생한 것으로 보고되고 있다(9).

이러한 식중독 원인 균의 증식억제 및 제거 방법으로 hot water holding과 potassium sorbate(10), benzoic acid(11), citric acid, acetic acid, lactic acid 등의 organic acid(12-16)와 같은 sanitizer를 이용한 화학적 방법과 고전압 펄스(17), 전기장, 진동 자기장, 초고압(18), 초음파, 마이크로웨이브(19,20) 등을 이용한 물리적 방법이 활용되고 있다.

하지만 편리함과 비용적 측면을 고려할 때 sanitizer를 이용

*Corresponding author : Sang-Do Ha, Department of Food Science and Technology, College of Industrial Science, Chung-Ang University, Daeduk-myun, Ansong-si, Gyeonggi-do 456-756, Korea
Tel: 82-31-670-4831
Fax: 82-31-675-4853
E-mail: sangdoha@post.cau.ac.kr

한 hurdle technology의 살균법이 널리 사용되고 있다. 특히 chlorine(21,22), ethanol(23-25), hydrogen peroxide(26)는 광범위한 미생물 살균제로 널리 사용되고 있으며 효과 또한 뛰어난 것으로 알려져 있다. 그러나 이들의 한계 적용 범위와 안전성에 대한 체계적인 연구가 미흡하며 강력하고 안전한 살균제 개발에 있어 이들을 조합하여 사용하는 hurdle technology에 대한 연구 역시 최근 급부상하고 있다.

이에 본 연구는 2001년에 35만톤이 생산되었고 최근 생산량과 소비량이 급증하고 있는 국내 유통중인 양배추에 잔존하는 자연 균총을 aerobic mesophilic bacteria, total coliforms, *E. coli*, lactic acid bacteria, yeast & molds로 나누어 모니터링하고 chlorine, ethanol, hydrogen peroxide 등과 같은 chemical sanitizer를 이용해 이들을 제어 할 수 있는 hurdle technology를 개발함으로써 국민의 안전한 야채류 섭취와 국가 식품 안전성 향상에 기여하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

실험에 사용된 양배추(*Brassica oleracea* var. *capitata*)는 7월에 수확한 약 1.5 kg 무게의 사계왕 품종이며, 경기도 안성의 소매점과 대형 마트에서 구입하였다. 구입한 양배추 시료는 dry-ice box에 담아 4-7°C로 유지하면서 실험실로 이동한 후, 시료 포장 을 제거하지 않은 채로 4°C 냉장고에 보관하면서 구입한 날로부터 하루 이내에 전체 양배추를 가능한 잘게 썰어 혼합후 각 500 g으로 소분하여 실험에 사용하였다. 양배추에 잔존해 있는 미생물들의 균 수를 측정하기 위하여 구입된 양배추를 25 g씩 채취하여 225 mL 0.1% phosphate buffer로 희석한 후, Stomacher (Casta Brava, Spain)를 이용하여 2분간 균질화한 다음 0.1% phosphate buffer를 이용하여 10배씩 연속 희석하였다.

유통 중인 양배추의 잔존 미생물 분석

양배추에 잔존해 있는 총 호기성균, 대장균군, 대장균, 유산균 그리고 효모/곰팡이의 수를 측정하였다. 총호기성균(Aerobic mesophilic bacteria)의 경우에는 plate count agar(PCA)배지를 이용하여 pour plate method에 의해 양배추 시료를 배지에 도말하고 35°C에서 48시간 배양 후 standrad plates count(SPC)에 의하여 측정하였다. 대장균군(Total coliforms)과 *E. coli*는 3M 주식회사의 Petrifilm™ *E. coli* count(PEC)를 이용하여 37°C에서 24시간 배양 후 SPC에 의하여 측정하였고 기포를 형성한 red colony만을 coliform, 기포를 가진 blue colony만을 *E. coli*로 인정하였다(27). 유산균(Lactic acid bacteria)은 MRSA(de Man, Rogosa, and Sharpe agar, Difco, USA)배지를 이용하여 pour plate method에 의해 35°C에서 48시간 배양 후 SPC로 측정하였다. 효모/곰팡이(Yeasts and molds)는 potato dextrose agar(PDA)배지에 10% tartaric acid로 acidified시킨 APDA를 제조하여 pour plate method로 접종하여 25°C에서 5일간 배양 후 SPC방법으로 측정하였다(28). Phosphate dilution buffer의 stock solution을 조제하기 위해 34 g의 KH_2PO_4 를 증류수 500 mL에 녹인 후 1 N NaOH를 첨가하여 pH를 7.2로 조정하고 증류수로서 1 L로 정용하였다. 1.25 mL의 stock solution을 증류수 1 L에 혼합하여 autoclaving한 후 사용하였다(29).

Chemical sanitizer hurdle을 이용한 세척 후 잔존 미생물 살균효과

구입된 양배추는 불 가식 부위를 제거한 후에 무작위로 절단하여 멸균된 용기에 담아 4°C 냉장고에 보관하면서 구입한 날로부터 하루 이내에 세척 살균실험을 하였다. Chemical sanitizer로는 chlorine, ethanol, hydrogen peroxide를 이용하였고 chlorine은 4% sodium hypochlorite solution(Sigma, USA), ethanol은 99.5% solution(Samchun, Korea), Hydrogen peroxide는 30% solution(Sigma, USA)을 구입하여 사용하였다.

살균제로써 이들의 최적 농도에 대한 명확한 결론은 이루어지지 않고 있으나 chlorine은 특유의 냄새를 고려했을 때 일반적으로 50-100 ppm 사이의 범위로 권 등(30)(2002)이 사용하여 효과가 입증된 농도이며, ethanol은 0-10%를 이용하고 hydrogen peroxide의 경우는 1-3.5%의 농도로 식품 살균에 사용되어지는 것으로 알려져 있다. 본 실험에서는 100 ppm chlorine, 10% ethanol 그리고 1% hydrogen peroxide를 사용하였다.

양배추 시료는 총 5 kg을 가능한 잘게 썰어 혼합후 각 500 g으로 소분하여 각 9개 처리구별로 농도 해당액을 첨가하여 2분간 침지식으로 세척 살균하였다. 2가지 이상의 혼합제제 사용의 경우 역시 2-3개 처리제의 각각에 대한 해당농도를 단순 첨가하였다.

9가지 처리구는 무처리구(untreated; UT), 20°C 물에 침지(water soaking; WT), chlorine 100ppm 첨가(chlorine; CL), ethanol 10% 첨가(ethanol; ET), hydrogen peroxide 1% 첨가(hydrogen peroxide; HP), chlorine 100 ppm과 ethanol 10% 첨가(Chlorine + Ethanol; CE), chlorine 100 ppm과 hydrogen peroxide 1% 첨가(chlorine + hydrogen peroxide; CH), ethanol 10%와 hydrogen peroxide 1% 첨가(ethanol + hydrogen peroxide; EH), chlorine 100 ppm, ethanol 10% 그리고 hydrogen peroxide 1% 첨가(chlorine + ethanol + hydrogen peroxide; CEH)였다.

9가지 조건에 따라 세척한 후에 양배추 시료에 대한 세척 조건별 살균효과를 비교하기 위하여 control로 무처리구(untreated)를 이용하였고, 동일한 검체에 대해 실험을 3회 반복하여 세척 조건별 잔존 미생물들의 균수를 측정하여 그들의 평균값을 얻었다.

통계 처리

미생물 균수는 \log_{10} colony forming unit(CFU)/g으로 나타내었으며, SAS 통계처리 프로그램, version 8.01(31)에 있는 General Linear Models(GLM) procedure의 PDiff(P-value Differentiation) option에 의해 수행된 least square mean separation 방법에 의해 분석되었으며 모든 통계처리의 유의성은 $P < 0.01$ 범위에서 실행되었다.

결과 및 고찰

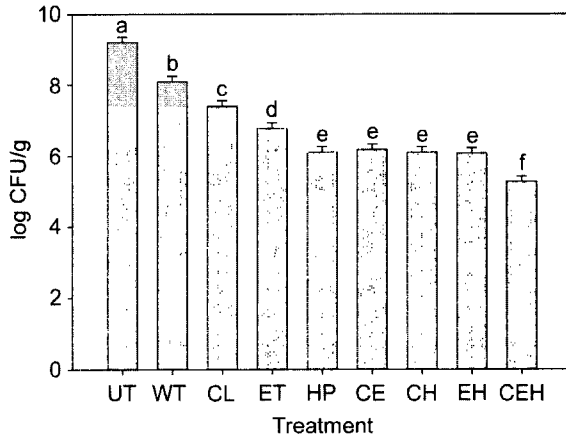
유통중인 양배추의 자연 미생물 균총(natural microflora) 분석

양배추에 잔존하는 총 호기성균, 대장균군, 대장균, 유산균 그리고 효모/곰팡이 수는 Table 1과 같다. 구입한 양배추 시료에 대하여 위의 5가지 미생물군의 평균값은 총 호기성균의 경우 $9.21 \pm 0.15 \log_{10}$ CFU/g으로 측정되었다. 대장균군은 $6.60 \pm 0.06 \log_{10}$ CFU/g, 유산균은 $6.08 \pm 0.03 \log_{10}$ CFU/g, 효모/곰팡이

Table 1. Natural microflora on wild cabbage collected from domestic market

Cell number (log CFU/g)				
Aerobic mesophilic bacteria	Total coliforms	<i>E. coli</i>	Lactic acid bacteria	Yeasts and molds
9.21 ± 0.15	6.60 ± 0.06	ND ¹⁾	6.08 ± 0.03	3.66 ± 0.08

¹⁾ND: not detected (<10 cells).

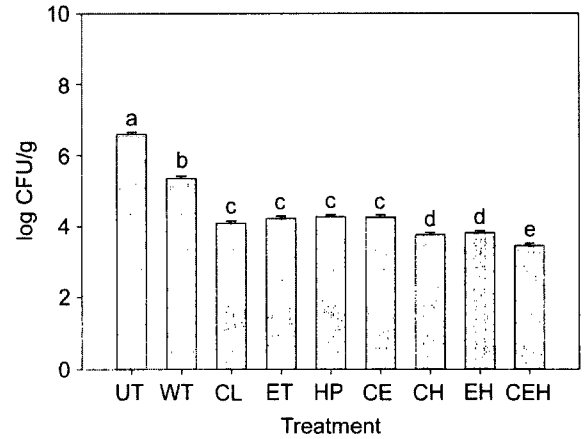
**Fig. 1. Comparison of various sanitizers against Aerobic mesophilic bacteria on wild cabbage.**

UT: Untreated, WT: 20°C water soaking, CL: 20°C water including Chlorine at 100 ppm, ET: 20°C water including Ethanol at 10%, HP: 20°C water including Hydrogen peroxide at 1%, CE: 20°C water including Chlorine at 100 ppm + Ethanol at 10%, CH: 20°C water including Chlorine at 100 ppm + Hydrogen peroxide at 1%, EH: 20°C water including Ethanol at 10% + Hydrogen peroxide at 1%, CEH: 20°C water including Chlorine at 100 ppm + Ethanol at 10% + Hydrogen peroxide at 1%. Pooled SEM (Standard Error Mean) = 0.15.

의 수는 $3.66 \pm 0.08 \log_{10}$ CFU/g으로 조사되었으나 대장균은 모든 시료에서 검출되지 않았다. 이는 Nascimento 등(32)의 상추 중 자연균총과 비교하면 평균 총 호기성균 $6.94 \log_{10}$ CFU/g, 대장균군 $3.25 \log_{10}$ CFU/g 보다 양배추의 오염도가 100-1,000배 가량 높았으나 효모/곰팡이는 $5.62 \log_{10}$ CFU/g보다 오히려 100배 적었다. 이들 연구에서도 10개 시료 중 6개에서 *E. coli*가 검출되지 않았다(검출한계 <10 cells). 또한 Brocklehurst 등(33)의 연구결과인 호기성 중온균 10^8 - 10^9 cells/g, 대장균군 10^5 - 10^7 cells/g, 유산균 10^5 - 10^9 cells/g과는 유사한 결과였으나, 효모/곰팡이는 본 연구 결과보다 높은 수치인 10^4 - 10^8 cells/g이었다. 본 연구 결과, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens* 또한 불검출되었다(검출한계 <10 cells)(data not shown). 미국의 주요 식품 중 *Clostridium perfringens*의 발생을 모니터링 결과(34,35), spice에서 4%, 생과일과 야채에서 4%, 육류에서는 50-85% 검출되었으며, *B. cereus*도 spices에서 40%, raw milk에서 9% 검출된 바 있다.

Chemical sanitizer hurdle을 이용한 세척 후 잔존 미생물들의 살균효과

Aerobic mesophilic bacteria: Chlorine(CL), ethanol(ET), hydrogen peroxide(HP) hurdle을 이용한 8가지 세척방법에 의한 총 호기성세균의 살균효과를 Fig. 1에 나타내었다. UT 양배추는 $9.21 \pm 0.15 \log_{10}$ CFU/g의 초기 균수를 가지고 있었고 WT로 처리한 경우 세척 후 잔존 균수가 $8.09 \pm 0.15 \log_{10}$ CFU/g로 1

**Fig. 2. Comparison of various sanitizers against total coliforms on wild cabbage.**

UT: Untreated, WT: 20°C water soaking, CL: 20°C water including Chlorine at 100 ppm, ET: 20°C water including Ethanol at 10%, HP: 20°C water including Hydrogen peroxide at 1%, CE: 20°C water including Chlorine at 100 ppm + Ethanol at 10%, CH: 20°C water including Chlorine at 100 ppm + Hydrogen peroxide at 1%, EH: 20°C water including Ethanol at 10% + Hydrogen peroxide at 1%, CEH: 20°C water including Chlorine at 100 ppm + Ethanol at 10% + Hydrogen peroxide at 1%. Pooled SEM(Standard Error Mean) = 0.06.

\log_{10} CFU/g 정도의 유의적 감소 효과를 나타내었다. 이는 Nascimento 등(32)의 상추에 대한 water 처리로 $0.8 \log_{10}$ CFU/g 총균수 감소효과($6.94 \rightarrow 6.19$)를 보인 결과와 유사하며 본 실험의 100 ppm CL 처리도 약 $2 \log_{10}$ CFU/g 감소($9.21 \rightarrow 7.39$)로 Nascimento 등(32)의 200 ppm CL 상추처리의 $2.6 \log_{10}$ CFU/g 감소($6.94 \rightarrow 4.31$) 감소에 육박하는 좋은 효과를 보였다. CL을 처리한 경우 $7.39 \pm 0.15 \log_{10}$ CFU/g로 단순히 물로 처리하였을 경우보다 유의적 감소효과를 나타내었고 ET를 처리한 경우는 더욱 강한 살균효과를 나타내어 $6.78 \pm 0.15 \log_{10}$ CFU/g로 감소하였다. Grag 등(36)은 300 ppm chlorine을 함유하는 물에 상추를 담겼을 때 총균수를 1.1×10^6 CFU/g에서 3.1×10^3 CFU/g으로 감소시켰고, Beauchat and Brackett(37)은 200-250 ppm chlorine으로 단 1 log cycle만을 감소시키기도 하였다. HP 처리는 단독 처리구 중 가장 효과가 큰 $6.11 \pm 0.15 \log_{10}$ CFU/g를 보였고 2종씩의 조합인 CE, CH, EH처리는 각각 6.18 ± 0.15 , 6.10 ± 0.15 , $6.07 \pm 0.15 \log_{10}$ CFU/g을 보여 서로간에 유의차가 없었다($P < 0.01$). CEH의 세 가지 조합은 가장 큰 효과인 약 $4 \log_{10}$ CFU/g 감소를 보였으며 $5.27 \pm 0.15 \log_{10}$ CFU/g로 다른 모든 처리구 보다 효과가 컸다. HP의 효과는 단독이지만 2개씩 조합한 CE, CH, EH의 효과와 같았고 CEH의 효과는 $4 \log_{10}$ CFU/g 감소로 5 \log_{10} CFU/g를 지향하는 FDA(38)의 목표에 근접한 효과로 매우 유용한 살균·소독제로 평가되었다.

Total coliforms: Chlorine(CL), ethanol(ET), hydrogen perox-

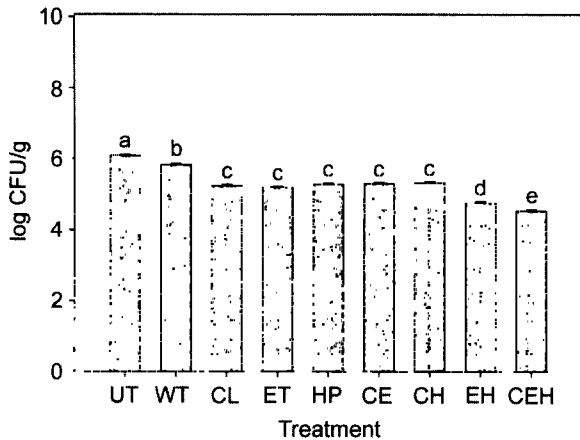


Fig. 3. Comparison of various sanitizers against lactic acid bacteria on wild cabbage.

UT: Untreated, WT: 20°C water soaking, CL: 20°C water including Chlorine at 100 ppm, ET: 20°C water including Ethanol at 10%, HP: 20°C water including Hydrogen peroxide at 1%, CE: 20°C water including Chlorine at 100 ppm + Ethanol at 10%, CH: 20°C water including Chlorine at 100 ppm + Hydrogen peroxide at 1%, EH: 20°C water including Ethanol at 10% + Hydrogen peroxide at 1%, CEH: 20°C water including Chlorine at 100 ppm + Ethanol at 10% + Hydrogen peroxide at 1%. Pooled SEM(Standard Error Mean) = 0.03.

ide(HP) hurdle을 이용한 8가지 세척방법에 의한 대장균군의 살균효과를 Fig. 2에 나타내었다. UT 양배추는 $6.60 \pm 0.06 \log_{10}$ CFU/g의 초기 균수를 가지고 있었고 WT로 처리한 경우 세척 후 잔존 균수가 $5.36 \pm 0.06 \log_{10}$ CFU/g로 1 \log_{10} CFU/g 정도의 유의적 감소 효과를 나타내었다. 이는 Nascimento 등(32)의 상추를 물로 처리하였을 때 0.8 \log_{10} CFU/g 감소(3.25 → 2.43)를 보인 결과와 유사하며 본 실험의 100 ppm CL 처리도 coliforms을 2.5 \log_{10} CFU/g 감소(6.60 → 4.10) 시켰는데 이는 Nascimento 등(32)의 200 ppm CL의 상추처리에서 2 \log_{10} CFU/g 감소(3.25 → 1.34)를 보인 것과 비슷한 효과였다. Shigenobu 등(39)의 연구결과, 상추를 얼음물로 처리하였을 때는 처리전과 유의적 살균효과를 보이지 못한 결과로 보아 washing 효과가 아닌 물의 온도에 의한 살균효과는 없는 것으로 보인다. 그러나, 산화이온수(acidic electrolyzed water)로 처리하였을 경우는 1.6 \log_{10} cfu/g(2.5 → 0.9)의 유의적 감소 효과를 보였다고 보고하였다(39). 또한 CL로 처리한 경우 $4.10 \pm 0.06 \log_{10}$ CFU/g로 단순히 물로 처리하였을 경우보다 유의적 감소효과를 나타내었고 ET, HP 그리고 CE를 처리한 경우 각각 4.23 ± 0.06 , 4.27 ± 0.06 , $4.26 \pm 0.06 \log_{10}$ CFU/g을 보여 유의차가 없었다($P < 0.01$).

CH, EH, CEH의 세 경우에 가장 큰 3 \log_{10} CFU/g 감소를 보여 각각 3.77 ± 0.06 , 3.82 ± 0.06 , $3.45 \pm 0.07 \log_{10}$ CFU/g으로 나타났고 특히 CEH는 CH, EH보다 큰 유의적 감소효과를 나타냈다($p < 0.01$). *Escherichia coli*는 모든 시료에서 < 10 cells의 검출한계에서 분리되지 않았다(data not shown). 대장균군에 대하여 CL, ET, HP를 각각 처리하였을 경우는 비슷한 살균 효과를 보였고 2개씩 조합한 경우는 CE가 다른 조합보다 효과가 적은 것으로 나타났다. 그리고 CEH로 모두를 조합한 경우에 가장 큰 살균 효과를 보였다.

Lactic acid bacteria: Chlorine(CL), ethanol(ET), hydrogen peroxide(HP) hurdle을 이용한 8가지 세척방법에 의한 유산균의

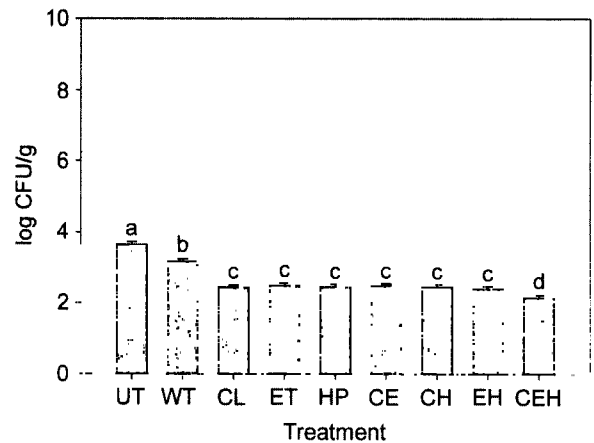


Fig. 4. Comparison of various sanitizers against yeasts & mold on wild cabbage.

UT: Untreated, WT: 20°C water soaking, CL: 20°C water including Chlorine at 100 ppm, ET: 20°C water including Ethanol at 10%, HP: 20°C water including Hydrogen peroxide at 1%, CE: 20°C water including Chlorine at 100 ppm + Ethanol at 10%, CH: 20°C water including Chlorine at 100 ppm + Hydrogen peroxide at 1%, EH: 20°C water including Ethanol at 10% + Hydrogen peroxide at 1%, CEH: 20°C water including Chlorine at 100 ppm + Ethanol at 10% + Hydrogen peroxide at 1%. Pooled SEM(Standard Error Mean) = 0.07.

살균효과를 Fig. 3에 나타내었다. UT 양배추는 $6.07 \pm 0.03 \log_{10}$ CFU/g의 초기 균수를 가지고 있었고 WT로 처리한 경우 세척 후 잔존 균수가 $5.82 \pm 0.03 \log_{10}$ CFU/g로 유의적 감소효과를 나타내었다($P < 0.01$). 또한 CL을 처리한 경우 $5.24 \pm 0.04 \log_{10}$ CFU/g로 단순히 물로 처리하였을 경우보다 유의적 감소효과를 나타내었고 ET, HP, CE 그리고 CH를 처리한 경우에는 각각 5.20 ± 0.03 , 5.28 ± 0.03 , 5.31 ± 0.03 , $5.33 \pm 0.03 \log_{10}$ CFU/g을 보여 이들간의 유의차는 관찰되지 않았다($P < 0.01$). EH의 경우 $4.76 \pm 0.03 \log_{10}$ CFU/g으로 유의적 감소 효과를 보였고 CEH 처리 시 $4.53 \pm 0.03 \log_{10}$ CFU/g으로 가장 큰 유의적 살균효과를 나타내었다($P < 0.01$). 2개씩의 hurdle을 조합한 경우에는 EH 조합이 가장 뚜렷한 살균효과를 보였고 CEH의 경우에는 2 \log_{10} CFU/g 감소로 가장 효과가 컸다.

Yeasts and molds: Chlorine(CL), ethanol(ET), hydrogen peroxide(HP) hurdle을 이용한 8가지 세척방법에 의한 효모/곰팡이의 살균효과를 Fig. 4에 나타내었다. UT 양배추는 $3.65 \pm 0.07 \log_{10}$ CFU/g의 초기 균수를 가지고 있었고 WT로 처리한 경우 세척 후 잔존 균수가 $3.38 \pm 0.06 \log_{10}$ CFU/g로 약 0.27 \log_{10} CFU/g 정도의 유의적 감소효과가 나타났다($P < 0.01$). Nascimento 등(32)의 상추에 대한 물 처리는 약 0.9 \log_{10} CFU/g 감소(5.62 → 4.75)를 보여 본 결과의 감소폭인 0.3보다 컸다. Shigenobu 등(39)의 연구결과, 상추를 얼음물로 처리하였을 때 유의적 살균효과를 보이지 못했고 산화이온수로 처리하였을 경우는 0.5 \log_{10} CFU/g(3.8 → 3.3) 감소 효과를 보였다고 보고하였다. Beuchat(40) 등은 사과와 토마토를 물로 처리하였을 경우 각각 0.8 \log_{10} (3.39 → 2.57), 1.8 \log_{10} (2.92 → 1.16) CFU/g 감소 효과를 보였다고 보고하였다

CL을 처리한 경우 $2.45 \pm 0.06 \log_{10}$ CFU/g로 단순히 물로 처리하였을 경우보다 유의적 감소효과를 나타내었다($p < 0.01$). Nascimento 등(32)은 200 ppm CL 처리시 약 3 \log_{10} CFU/g

(5.62 → 2.87) 감소를 보여 본 결과인 1.2 감소(3.65 → 2.45)보다 큰 효과를 보였다고 보고하였다. Beuchat(40) 등은 사과와 토마토를 200 ppm CL 처리하였을 때 각각 0.7(3.39 → 2.72), 2.1(2.92 → 0.81) \log_{10} CFU/g의 감소효과를 보였다고 보고하였다. Beuchat and Brackett(41)은 상추에 1% chlorine 처리 시 0.5 \log_{10} 감소를 보고한 바 있다. 이들 결과에 따르면 같은 살균소독제 처리에서 있어서도 과채류의 종류와 특성에 따라 균 감소효과가 매우 다양함을 알 수 있다.

ET, HP, CE, CH, EH를 처리한 경우에는 각각 2.50 ± 0.07 , 2.46 ± 0.07 , 2.49 ± 0.06 , 2.46 ± 0.06 , 2.41 ± 0.06 \log_{10} CFU/g을 보여 이들 처리구간에는 유의차가 없었다($P < 0.01$). CEH의 경우 2.15 ± 0.07 \log_{10} CFU/g으로 다른 모든 처리구 보다 효과가 가장 컸다. 효모/곰팡이에 대해서는 CL, ET, HP를 단독으로 사용하였을 경우에 비해 두 개씩 조합하여 처리한 살균·소독제의 효과는 없었고 총 호기성균, 대장균군, 유산균에서와 같이 CEH로 세가지 조합 처리하였을 경우에 가장 큰 유의적 살균효과를 보였다($P < 0.01$).

요 약

최소 가공식품(minimally processed food)의 형태로 살균과정 없이 시장에서 유통되어 섭취되는 채소류들은 미생물 오염에 무방비로 노출되어 식품 안전상 큰 문제가 되고 있다. 본 연구에서는 국내 유통 중인 양배추를 표본으로 하여 이에 잔존하고 있는 aerobic mesophilic bacteria, total coliforms, *E. coli*, lactic acid bacteria, 그리고 yeasts & molds로 대표되는 미생물 오염도를 조사하였다. 또한 chemical sanitizer인 chlorine, ethanol, 그리고 hydrogen peroxide를 단독으로 혹은 조합하여 이들 균에 대한 살균효과를 비교하였다. 본 실험결과를 종합해 볼 때 물 세척은 초기 균수를 0.3-1.2 \log_{10} CFU/g 감소시켰으며 chlorine(CL), ethanol(ET), hydrogen peroxide(HP) 단독처리는 물보다 살균효과가 컸으나 이들 2가지씩의 조합보다는 효과가 적었다. 이들 세 가지 조합인 CEH로 처리하였을 경우 총 호기성균은 4 \log_{10} CFU/g, 대장균은 3 \log_{10} CFU/g, 유산균은 2 \log_{10} CFU/g, 효모/곰팡이는 1 \log_{10} CFU/g 감소로 다른 조합의 세척 방법보다 효과적인 미생물 살균효과를 보였다. 따라서 CEH 조합 살균·소독제 처리는 양배추 등 야채류의 미생물 오염을 감소시킬 수 있는 좋은 제어법으로 활용될 것으로 판단되어진다.

감사의 글

본 논문은 2003년도 중앙대학교 학술연구비 지원으로 진행되었으며 이 실험에 도움을 준 중앙대학교 식품공학과 학부생 여러분께 감사드립니다.

문 헌

- Ahn YS, Shin DH. Antimicrobial effects of organic acids and ethanol on several foodborne microorganisms. Korean J. Food Sci. Technol. 31: 1315-1323 (1999)
- Welshimer HJ. Isolation of *Listeria monocytogenes* from vegetation. J. Bacteriol. 95: 300-320 (1968)
- Weiss J, Seeliger HPR. Incidence of *Listeria monocytogenes* in natural. Appl. Environ. Microbiol. 6: 229-242 (1975)
- Skovgard N, Morgan CA. Detection of *Listeria* spp. in faces from animals, in feeds, and in raw foods of animal origin. Int. J. Food Microbiol. 6: 229-242 (1989)
- Wehr HM. *Listeria monocytogenes*-A Current dilemma. J. Assoc. Off. Anal. Chem 70: 769 (1987)
- Riley LW, Remis RS, Helgeson DD, Mcgee HB, Wells JG, Davis BR, Hebert RJ, Olcott ES, Johnson LM, Hargert NT, Blake PA, Cohen ML. Hemorrhagic colitis associated with a rare *Escherichia coli* serotype. N. Engl. J. Med. 308: 681-685 (1983)
- Marks S, Robert T. *Escherichia coli* O157:H7 ranks as the fourth most costly foodborne disease. Food Rev. 16: 51-59 (1993)
- Lin CT, Morales RA, Ralston T. Raw and undercooked eggs, a danger of salmonellosis. Food Rev. 20: 27-32 (1997)
- Bergdoll MS. In Foodborne Infections and Intoxication. 2nd ed. Bryan FL, Academic Press, New York, NY, USA (1979)
- Rice KM, Pierson MD. Inhibition of *Salmonella* by sodium nitrite and potassium sorbate in frankfurters. J. Food Sci. 47: 1615-1617 (1982)
- Kim DJ, Kwon OJ, Byun MW. Combination effects of benzoate, sorbate and pH for control of *Escherichia coli* O157:H7. J. Food Hyg. Safety 12: 200-204 (1997)
- Oh DH, Marshall DL. Enhanced inhibition of *Listeria monocytogenes* by glycerol monolaurate with organic acids. J. Food Sci. 59: 1258-1261 (1994)
- Ita PS, Hutkins SW. Intracellular pH survival of *Listeria monocytogenes* Scott A and effect in tryptic soy broth containing acetic, lactic, citric and hydrochloric acids. J. Food Prot. 54: 15-19 (1991)
- Young KM, Foegeding PM. Acetic, lactic, citric acids and pH inhibition of *Listeria monocytogenes* Scott A and effect on intracellular pH. J. Appl. Bacteriol. 74: 515-520 (1993)
- Podlak RK, Zayas JF, Kastner CL, Fung DY. Reduction of *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella typhimurium* during storage on beef sanitized with fumaric, acetic and lactic acids. J. Food Safety 15: 283-290 (1995)
- Fernandes CF, Flick GJ, Cohen J, Thomas TB. Role of organic acids during processing to improve quality of channel catfish filets. J. Food Prot. 61: 495-498 (1998)
- Kim KT, Kim SS, Hong HD, Ha SD, Lee YC. Quality changes and pasteurization effects of citrus fruit juice by high voltage pulsed electric fields(PEF) treatment. Korean J. Food Sci. Technol. 35: 635-641 (2003)
- Kalchayanand N, Sikes T, Dunne CP, Ray B. Hydrostatic pressure and electroporation have increased bactericidal efficiency in combination with bacteriocins. Appl. Environ. Microbiol. 60: 4174-4177 (1994)
- Shin JK, Pyun YR. Inactivation of *Lactobacillus plantum* by pulsed-microwave irradiation. J. Food Sci. 62: 163-166 (1997)
- Qin BL, Pothakamurthy UR, Vega H, Martin O, Babosa-Canovas, G.V. and Swanson, B.G. Food pasteurization using high-intensity pulsed electric fields. Food Technol. 49: 55-60 (1995)
- Kim YJ, Cho JI, Kim KS. Evaluation of washing treatment using chlorine and heat hurdles on natural microflora in fresh lettuces collected from domestic markets. Food Engin. Progress 6: 329-335 (2002)
- Kim JM. Use of chlorine dioxide as a biocide in the food industry. Food Nutr. 6: 33-39 (2001)
- Park CS. Inhibition of *Vibrio parahaemolyticus* by ethanol in tryptic soy broth and some fish homogenates. Korean J. Food Soc. Food. Sci. Technol. 12: 6-12 (1996)
- Park CS, Cameron RH. Effect of low ethanol concentrations on growth and survival of *Vibrio parahaemolyticus*. Korean J. Food Soc. Food. Sci. Technol. 11: 153-157 (1995)
- Park CS, Kim ML. Inhibition of *Listeria monocytogenes* by low concentration of ethanol. Korean J. Food Soc. Food. Sci. Technol. 11: 379-385 (1995)
- Park IS, Pack MY. Development of temporary preservation method for small scale dairy farm milk by H₂O₂ catalase treatment. Korean J. Appl. Microbiol. 5: 113-118 (1995)
- Restino L, Lyon RH. Efficacy of petrifilm VRB for enumerating coliforms and *Escherichia coli* from frozen raw beef. J. Food Prot. 50: 1017-1022 (1987)
- Mislivec PB, Beuchat LR, Cousin MA. Yeasts and molds. Chapter 16. In: Compendium of Methods for the Microbiological

- Examination of Food. Splittstoesser DF, Vanderzant C (3rd ed). American Public Health Association, Washington, DC, USA (1991)
29. Richardson GH. Standard Methods for the Examination of Dairy Products. American Public Health Association, Washington, DC, USA (1985)
 30. Kwon NH, Kim SH, Kim JY, Lim JY, Kim JM, Jung WK, Park KT, Bae WK, Noh KM, Choi JW, Hur J, Park YH. Antimicrobial activity of GC-100X against major foodborne pathogens and detaching effects of it against *Escherichia coli* O157:H7 on the surface of tomatoes. J. Food Hyg. Safety 17: 36-44 (2002)
 31. SAS. SAS User's Guide, SAS Institute Inc., Cary NC 27513, USA (2002)
 32. Nascimento MS, Silva N, Catanozi MPLM, Silva KC. Effects of different disinfection treatments on the natural microbiota of lettuce. J. Food Prot. 66: 1697-1700 (2003)
 33. Brocklehurst TF, Zaman-Wong CM, Lung BM. A note on the microbiology of retail packs of salad vegetables, J. Appl. Bacteriol. 63: 409-418 (1987)
 34. Hauschild AHW. 1989. *Clostridium perfringens*. In: Foodborne Bacterial Pathogens. Doyle MP (ed). Marcel Dekker, New York, NY, USA (1987)
 35. Johnson KM, Nelson CL, Busta FF. Influence of temperature on germination and growth of spores of emetic and diarrheal strains of *Bacillus cereus* in a broth medium and in rice. J. Food Sci. 48: 286-287 (1983)
 36. Garg N, Churey JJ, Splittstoesser DF. Effect of processing conditions on the microflora of fresh-cut vegetables. J. Food Prot. 53: 701-708 (1990)
 37. Beauchat LR, Brackett RE. Survival and growth of *Listeria monocytogenes* on lettuce as influenced by shredding, chlorine treatment, modified atmosphere packaging and temperature. J. Food Sci. 55: 755-758 (1990)
 38. FDA. Guidance for industry: reducing microbial food safety hazards for sprouted seeds and guidance for industry: sampling and microbial testing of spent irrigation water during sprout production. Fed. Regist. 64: 57893-57902 (2001)
 39. Shigenobu K, Kazuhiro F, Kazuhiko I. Decontamination effect of frozen acidic electrolyzed water on lettuce. J. Food Prot. 65: 411-414 (2002)
 40. Beauchat LR, Nail BV, Adler BB, Clavero MRS. Efficacy of spray application of chlorinated water in killing pathogenic bacteria on raw apple, tomatoes, and lettuce. J. Food Prot. 61: 1305-1311 (1998)
 41. Beauchat LR, Brackett RE. Survival and growth of *Listeria monocytogenes* on lettuce as influenced by shredding, chlorine treatment, modified, atmosphere packaging and temperature. J. Food Sci. 55: 755-759 (1992)

(2003년 11월 3일 접수; 2004년 1월 8일 채택)