

신선편이 농산물 가공업체의 미생물학적 위해 요소 분석 및 중점 관리 지점(CCP)의 검증 -신선편이 엽채류 가공업체를 대상으로-

김수진 · 손시혜 · 민경진 · 윤기선[†]

경희대학교 식품영양학과

Microbiological Hazard Analysis and Verification of Critical Control Point (CCP) in a Fresh-Cut Produce Processing Plant -Case Study of a Fresh-Cut Leaf Processing Plant-

Su-Jin Kim, Shih-Hui Sun, Kyung-Jin Min and Ki-Sun Yoon[†]

Dept. of Food and Nutrition, KyungHee University, Seoul 130-701, Korea

Abstract

The objectives of this study were to analyze environmental microbial contamination levels by sampling the surfaces of processing lines and equipment and to verify CCPs of the HACCP plan in a fresh-cut produce processing plant. The level of airborne microorganisms in the processing plant was 10^1 log CFU/plate/15min. Total plate counts and coliform groups of the processing facilities were 1~2 log CFU/100 cm². No *E. coli* or *S. aureus* were detected in the processing plant. However, total plate counts on the cutting board for raw materials and on the spin-dryer were 4.20 ± 2.12 log CFU/cm², and 4.57 ± 0.92 log CFU/cm², respectively. These levels were higher than the safe microbial level, and therefore, the chance of cross-contamination during processing was increased. According to the results of microbiological analyses, total aerobic bacteria and coliform groups of the samples were increased after the second washing and spin-drying steps, due to cross-contamination from the spin-dryer. Thus, an effective method that can be used for microbial control during the washing and drying steps is needed for microbial control in fresh-cut produce processing plants. The results of a verification study also suggest that modification of the HACCP plan is needed along with additional CPs, which were identified as a second washing, spin drying, and the cold storage of final products.

Key words : Fresh-cut produce processing plant, microbial contamination, HACCP, safety.

서 론

최근 소비자들의 건강에 대한 관심이 증가하고 여성들의 사회 진출이 활발해짐에 따라 소비자들의 식품 선택에 있어서도 편의성과 안전을 고려하는 소비 형태가 증가하게 되었다(Yoon *et al* 2007). 특히 과일과 채소류의 경우, 박피, 세척 등과 같이 단순 처리를 한 신선편이 농산물에 대한 소비가 증가하고 있다(Kim *et al* 2005). 신선편이 농산물은 최소한의 가공(minimal processing)을 통해 신선한 품질 그대로의 제품을 제공할 수 있도록 신선 과채류를 수확 후 세척, 선별, 박피 및 절단 등의 가공을 통해 즉시 소비할 수 있는 ready-to-use 형태의 식품으로 정의된다(King & Bolin 1989). 급식 및 외식 업체에서는 신선편이 농산물은 간편성과 효율성이라는

장점과 더불어 작업 시간 감소 효과와 교차 오염이라는 큰 위해 요소를 감소시키는 방안으로 점차 사용이 증가하고 있는 추세이다(Lee MJ 2008).

2009년 실시한 연구보고서에 따르면 신선편이 농산물 시장 규모는 5,510~6,830억 원에 달하지만 대다수의 신선편이 농산물을 가공하는 업체들은 소규모의 영세한 규모이며(Lee *et al* 2009b), 가공 시설에 대한 Hazard Analysis and Critical Control Points(HACCP) 적용이 제한적이고 작업 공정에 대한 위생 관리 체계 및 방법이 확립되지 않은 상태여서 병원성 미생물에 의한 위험성에 노출되어 있다(Lee *et al* 2009a). 또한 신선편이 농산물은 수확 및 최소한의 비가열 가공 공정을 거치기 때문에 생리적 장애와 조직 파괴가 일어나고, 농산물 표면의 보호막이 파괴되어 세균, 효모, 곰팡이 등에 오염되기 쉽게 변화하게 되므로(Huxsoll & Bolin 1989) 이에 대한 관리가 필요하다. 이와 같은 신선편이 농산물의 잠재적

[†] Corresponding author : Ki-Sun Yoon, Tel : +82-2-961-0264, Fax : +82-2-961-0538, E-mail : ksyoon@khu.ac.kr

위험성에 대비하여 미국의 경우 신선편이 농산물의 미생물 관리를 위하여 FDA의 관리지침(Guide to Minimize Microbial Food Safety Hazards of Fresh-cut Fruits and Vegetables)이 제시되었으며(FDA 2007), 국내에서는 신선편이 가공업체에 대한 HACCP 적용을 위한 시범 사업이 진행되었다(KFDA 2008). HACCP은 제품의 위해를 허용 수준으로 예방, 제거, 감소시켜 제품의 안전성을 확보하기 위해 중점적으로 관리해야 하는 부분에 대하여 최소한의 Critical Control Point(CCP)를 설정하여 관리하도록 하고 있다(Codex 1997). 또한 식품회사의 제조 공정도에 맞춰 식품의 위해와 관계없이 일상적으로 관리해야 할 지점 및 공정을 Control Point(CP)로 설정하여 관리한다. 그러나 대부분의 신선편이 가공업체가 영세한 규모이므로 효과적으로 HACCP을 적용하지 못하고 있으며, 해당 작업장에서 발생할 수 있는 위해 요소에 대한 분석이 적절히 이루어지지 않고 있는 실정이다. 또한 대부분의 위해 요소가 외국 문헌이나 유사한 관련 자료 또는 단순 실험 결과에 의하여 설정됨으로써 국내의 영세한 제조 공정이나 환경 등에서 일어날 수 있는 미생물학적 위해 요소가 HACCP 계획서에 제대로 반영하지 못하고 있는 실정이다(Park KJ 2001).

따라서 본 연구에서는 영세한 규모의 신선편이 가공업체를 대상으로 업체의 환경 및 업체류(양상추, 양배추) 가공 공정에서의 미생물학적 위해 요소의 오염 실태를 분석하였다. 분석 결과를 바탕으로 현재 활용되고 있는 업체의 HACCP 계획서의 CCP의 타당성을 재검증하였다.

재료 및 방법

1. 실험 대상

서울 지역에 위치한 신선편이 농산물 가공업체(A업체)는 학교 급식 및 외식용 농산물을 가공·납품하는 소규모 업체이다. A업체에서는 외식업체용으로 양상추, 양배추와 김밥 재료용인 채썬 당근, 오이 등을 주로 생산하고 있었다. 본 연구에서는 A업체의 생산 라인 작업장을 2010년 3월에서 4월 사이에 방문하여 작업장별, 작업장의 기구와 설비 및 생산제품의 공정별 오염 실태를 분석하였다. 조사 대상은 작업장별 공중 낙하균과 기구와 설비의 표면 오염도, 작업용 장갑의 오염도, A업체의 품목 중 신선편이 업체류(양상추, 양배추)의 공정별 제품의 미생물학적 오염도를 분석하였다.

2. 시료의 채취

공중 낙하균으로 총균수와 진균수는 준비된 Plate Count Agar (PCA, Difco Lab. USA)와 Potato Dextrose Agar(PDA, Difco Lab. USA)를 사용하고, 대장균, 대장균군은 3M Petrifilm

E. coli/Coliform Count Plate(3M Petrifilm™, St Paul, USA) 건조 배지 필름을 사용하여 공정별 오염도에 따라 청결 구역, 준청결 구역, 일반 구역으로 나누어 채취장 구역에서 배지를 15분간 방치하였다(Stringer 1994). 기구 및 설비의 표면 오염도는 사용 전 보관 상태인 도마, 칼, 위생 장갑과 세척 및 탈수 기계 등의 표면을 100 cm²씩 멸균된 BPW (Buffered Pepton Water)와 면봉이 포함된 e-swab(3M Petrifilm™, St Paul, USA)을 이용하여 시료를 채취하여 시험 용액으로 사용하였다(Harriagan 1998). 작업용 장갑의 오염도는 glove juice법을 이용하여 종사자의 고무장갑을 작업 전과 작업 후로 나누어 250 mL의 0.1% peptone water에 넣어 1분 동안 장갑에 부착된 미생물들이 용액에 분산될 수 있도록 진탕하여 시료를 채취하여 측정하였다(Paulson 1992). 공정별 제품의 오염도를 측정하기 위한 시료는 신선편이 농산물 생산업체 A의 제조 공정도(Fig. 1)를 기준으로 양상추, 양배추를 공정별로 원재료, 반제품 및 완제품 시료를 멸균된 핀셋으로 25 g씩 채취하여 멸균 백에 담아 보관하였다.

3. 시료의 전처리

채취한 모든 배지와 시험 용액 및 시료는 ice-box(10℃ 이

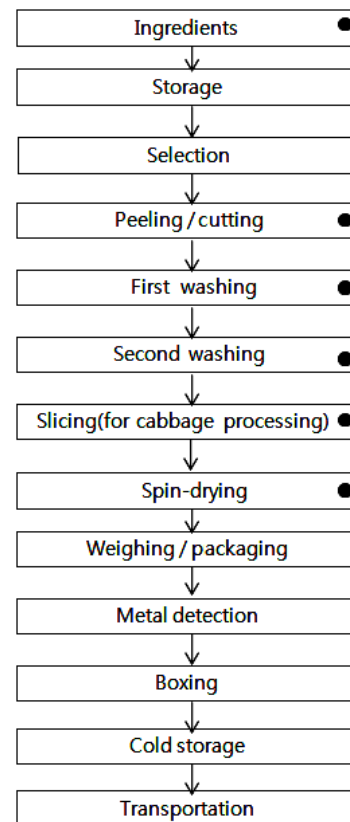


Fig. 1. Flow chart of preparation of fresh-cut lettuce.(●: indicates sampling point).

하)에 보관하여 실험실로 이동하여 3시간 이내에 실험을 진행하였다. 공정별 제품의 오염도를 측정하기 위해 채취한 시료는 멸균된 225 mL의 0.1% peptone water와 혼합하여 stomacher(Bagmixer 400, Interscience, France)에서 2분간 균질화시킨 후 실험 용액으로 사용하였다.

4. 미생물 분석

채취한 시료의 오염도는 식품공전 미생물 시험법(KFDA 2010)에 의거하여 분석하였다. 식품 시료와 기구 및 설비의 표면 오염도에 대한 시험 용액은 총균수, 대장균, 대장균군에 대하여 분석하였으며, 작업용 장갑의 오염도에 대한 시험 용액은 총균수, 대장균, 대장균군, 황색포도상구균에 대하여 분석하였다. 총균수의 분석은 각각의 시료액을 1 mL 씩 취하여 9 mL의 희석액에 단계 희석한 후에 희석액 1 mL 씩을 멸균된 petridish에 무균적으로 취하고 45~50°C로 유지한 PCA를 약 15 mL 분주하여 36±1°C에서 48시간 배양하였다. 대장균, 대장균군과 황색포도상구균은 총균수 검사와 동일한 방법으로 시료를 전처리한 후 단계 희석액 1 mL 씩을 건조 배지 필름인 3M Petrifilm *E. coli*/Coliform Count Plate와 3M Petrifilm *Staph. aureus* Count Plate에 무균적으로 분주하여 36±1°C에서 24시간 배양시켰다. 대장균은 가스방울이 붙어있는 푸른색 균체, 대장균군은 가스방울이 붙어있는 붉은색 균체, 황색포도상구균은 적자색 균체의 colony 수를 측정하여 colony forming unit(CFU/g)으로 각각 표시하였다. 공중 낙하균은 측정 장소에서 15분간 방치한 배지를 배양기에서 36±1°C에서 배양하여 형성된 집락수를 계측하여 총균수와 진균수는 CFU/plate/15 min으로 대장균, 대장균군은 CFU/40 cm²/15 min으로 나타내었다.

5. 통계 분석

각 시료에 대한 실험 결과는 SAS program(ver. 9.1, SAS Ins-

titude Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 ANOVA 분석을 실시하고, 시료 간의 유의성이 있는 경우 Duncan의 다중 범위 검정(Duncan's multiple range test)으로 $p < 0.05$ 수준에서 사후 검증을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 작업장의 공중낙하균 분포

본 연구의 대상인 A업체 작업장의 공중낙하균은 plate 당 10 이하의 낮은 수준으로 검출되었다(Table 1). Kim *et al* (2009)의 연구 결과에서는 신선편이 채소류의 제조 공정 단계별 낙하균의 미생물 수준이 ~10⁰ CFU/plate로 보고되었으며, Seo *et al*(2007)의 연구에서도 신선편이 양배추 제조 공정에서 공중낙하균의 미생물 수준은 ~10¹ CFU/plate로 본 연구 결과와 비슷한 수준을 나타내었다. 본 연구의 조사 대상인 A업체에서 작업장의 공중낙하균 오염도가 낮게 나타난 이유는 재료의 오염 정도와 가공 공정에 따라 청결, 준청결, 일반 구역으로 작업 공간이 분리되어 관리되고 있었기 때문으로 사료된다. 공중에 부유하는 미생물은 불결한 환경에서 발생되어 나오기 때문에 공정 환경의 청결을 유지한다면 공기 매체 미생물의 오염도를 낮추어 제품의 안전성을 높일 수 있다(Kang YJ 1990). KFDA(2009)에서 발간한 '알기 쉬운 HACCP'에서는 일반 구역의 총균수와 진균류는 100 CFU/plate/15 min 이하, 준청결 구역은 50 CFU/plate/15 min 이하, 청결 구역의 총균수는 20 CFU/plate/15 min 이하, 진균류는 10 CFU/plate/15 min 이하로 권장하고 있다. 또한 공중낙하균에 대한 기준은 식품위생법으로 규정하고 있지 않기 때문에 각 회사의 품목에 따라 공정이 다르므로 자사의 특성에 맞게 기준을 수정 보완할 것을 권장하고 있다. A업체의 경우, 원재료의 입고와 검수가 진행되는 출입구 부분(오염 구역)의 오염도가 다른 구역에 비하여 다소 높아 현재 A업체에서 공중낙하균을 저해

Table 1. Contamination levels of airborne microorganisms in a fresh-cut produce plant

Zone	Location	Total plate counts ¹⁾	Fungi ¹⁾	Coliform groups ²⁾	<i>E. coli</i> ²⁾
Clean zone	Weighing room	N.D. ³⁾ ~3	N.D.~1	N.D.	N.D.
	Film packaging room	N.D.~5	N.D.~2	N.D.	N.D.
Partially clean zone	Preparation room	1~6	2~6	N.D.	N.D.
	Washing room	1~5	2~5	N.D.	N.D.
General zone	Box packaging room	1~6	N.D.~6	N.D.	N.D.
	Entrance	7~29	1~5	N.D.	N.D.

¹⁾ CFU/plate/15 min.

²⁾ CFU/40 cm²/15 min.

³⁾ N.D. : Not detected.

하는 방법으로 시행되고 있는 작업 공간의 분리 이외에 에어 커튼 등의 공중낙하균을 차단하는 방법이 추가적으로 필요할 것으로 사료된다. 또한 Wilcox F(1995)의 연구에서는 농산물을 선별하고, 손질, 준비하는 과정의 가공 환경은 12°C 이하에서 이루어져야 하며, 세척, 절단 및 포장의 과정을 진행하기 위해서는 공정 환경의 온도를 4~6°C 사이로 유지해야 품질을 유지할 수 있다는 보고가 있었지만 A업체의 작업장 내의 온도는 14~16°C 사이로 유지되어 있었으므로(Table 2), 향후 공정 환경을 더욱 위생적으로 개선하기 위해서는 환경 온도를 12°C 이하로 낮추는 과정 또한 필요할 것으로 사료된다.

2. 기구와 설비의 표면 및 작업용 장갑의 오염도

가공공정에서 식품과 접촉 가능성이 있는 작업대 및 설비, 기구류에 대하여 총균수, 대장균군 및 대장균의 오염도를 조사한 결과는 Table 3과 같다. 본 연구에서는 대상 업체의 작업대 및 설비, 기구류에 대한 표면 오염도를 조사한 결과, 대장균은 검출되지 않았으나, 총균수 및 대장균군의 오염도는 1~2 log CFU/100 cm² 범위의 오염도를 보여 Harrigan(1998)이 제시한 기구, 설비 및 용기의 안전한 위생 상태 기준으로 제시한 일반 세균수 500CFU/100 cm² 미만을 충족하였다. 또한 Kim *et al*(2009)의 신선편이 채소류 가공 작업장 내 미생물 오염 실태 연구 결과에서는 총균수는 10⁰~10⁴ log CFU/100 cm², 대장균군은 N.D.~10² log CFU/100 cm²로 총균수는 다소 높았지만 본 연구와 비슷한 오염도가 보고되었다. Harrigan & McCance(1976)는 기구 설비 및 용기에 대한 미생물 수준을 평가하는데 있어서 표준 평판 균수 100 cm² 당 500

CFU 미만은 만족할 만한 수준이고, 500~2,500 CFU은 시정을 필요로 하며, 2,500 CFU 이상일 때는 즉각적인 조치를 강구해야 한다고 보고하였으며, 대장균군은 100 cm² 당 10이하여야 하며, 전혀 분리되지 않아야 양호하다고 평가하였다. 이를 기준으로 보았을 때, 본 연구의 원재료 손질용 도마와 탈수기, 탈수기용 바구니, 포장기계, 계량기는 총균수가 3~4 log CFU/100 cm² 범위의 오염도를 보여 시정 또는 즉각적인 조치가 필요한 것을 확인할 수 있었다. 그 중 식품과 직접적으로 접촉하는 탈수기와 탈수기용 바구니의 오염 수준이 높게 나온 이유는 기구의 건조가 확실히 이루어지지 않고 수분이 남아 있는 채로 재사용되어지고 있기 때문인 것으로 판단되어지며, 향후 탈수기와 탈수기용 바구니의 건조와 관리를 통하여 오염 수준을 낮추는 노력이 필요할 것으로 사료된다. 기구류 중 흠이 묻은 원재료를 손질하는 도마의 경우, 총균수는 4.20±2.12 log CFU/100 cm²와 대장균군은 3.15±0.23 log CFU/100 cm²의 높은 오염 수준을 나타내었으며, 세척 과정을 거친 재료용 도마보다 소홀하게 관리되고 있었다. 또한 도마의 칼집 사이의 오염이 제거되지 않은 채 계속적으로 재사용되고 있어 원재료를 손질하는 도마의 세척과 관리가 필요할 것으로 사료된다.

Kim & Lee(2009)의 연구에서는 급식소에서 제공되는 음식 중 가열 공정 없이 세척 공정 이후 바로 급식이 이루어지

Table 3. Microbiological contamination levels of facilities and workplace at the plant

Swab positions	Total plate counts ¹⁾	Coliform groups ¹⁾	<i>E. coli</i>
Sterilized cutting board	1.24±0.34	N.D. ²⁾	N.D.
Cutting board for raw materials	4.20±2.12	3.15±0.23	N.D.
Spin-dryer	4.57±0.92	1.33±0.31	N.D.
Packaging film	1.79±0.67	N.D.	N.D.
Packaging machine	3.16±0.11	N.D.	N.D.
Basket for dry	2.22±1.29	N.D.	N.D.
Basket for spin-dryer	3.12±0.54	1.13±0.81	N.D.
Weighing machine	3.68±1.72	2.30±1.13	N.D.
First washing basket	1.39±0.56	N.D.	N.D.
Second washing basket	2.40±0.02	N.D.	N.D.
Workbench	2.36±1.93	1.70±0.40	N.D.
Conveyor belts for final products	1.64±0.90	N.D.	N.D.

¹⁾ Unit : log CFU/100 cm³.

²⁾ N.D. : Not detected.

Table 2. Processing condition of fresh cut lettuce and cabbage

Processing (1 cycle)	Time		Environmental (storage) temperature
	Lettuce ^a	Cabbage ^b	
Raw materials	-	-	5°C±1
Peeling & cutting	10 min	15 min	14°C±1
First washing	5 min	5 min	16°C±1
Second washing	10 min	10 min	
Slicing	-	10 min	15°C±1
Drying	1 min	1 min	
Packaging & Storage of final products	1 min per packaging		4°C±1

^a 1 cycle unit 50 kg.

^b 1 cycle unit 100 kg.

는 생채소류를 대상으로 소독을 실시한 후 미생물학적 오염도를 조사하였다. 그 결과, 원재료인 상추, 시금치, 오이, 토마토의 총균수는 3~6 log CFU/g, 대장균군은 2~5 log CFU/g의 오염도를 나타내었으며, 도마는 이물질이 부착된 원재료의 세척 전 손질을 위한 도구로 오염된 도마 위에서 절단 등의 손질이 이루어지고 있어 원료의 내부로 오염이 이행될 수 있는 가능성이 있음이 보고되었다. 따라서 작업대 및 설비, 기구류 중 도마와 같이 식품과 직접 접촉되는 표면은 교차 오염의 가능성이 높으므로 세척과 건조, 위생관리가 철저히 이루어져야 한다.

본 연구의 대상인 A업체의 종사자들은 모든 가공공정에서 고무장갑을 착용하고 있었으며, 가공공정 중 고무장갑의 오염은 교차 오염의 지표로 공정 과정에서 사용되는 고무장갑의 오염도를 사용 전과 사용 후로 나누어 미생물 오염도를 조사하였다. 그 결과, 사용 전과 사용 후의 고무장갑 모두에서 대장균, *S. aureus*는 검출되지 않았으며, 사용하기 전의 고무장갑의 총균수는 2.47 ± 0.47 log CFU/rubber glove, 사용 후의 고무장갑은 3.41 ± 0.34 log CFU/rubber glove로 나타나, 본 연구에서 공정에 사용된 고무장갑은 사용 후 1 log의 증가를 보였다. 개인 위생에 대한 미생물학적 기준은 설정되어 있지 않으나, 학교 급식에서는 조리 종사자의 고무장갑에서 일반 세균수가 1.5 log CFU/hand 이상으로 나오면 불만족으로 평가 점수를 부여하고 있는 점을 고려할 때(Lee JH 2005), 본 연구 대상인 A 업체의 종사자들이 사용하는 고무장갑의 위생 수준은 시정이 필요한 것으로 사료된다. Seol *et al.*(2009)의 연구에서도 보육 시설과 유치원 급식에서 조리용으로 사용하는 고무장갑의 사용 전 오염도를 조사한 결과, ~ 4.43 log CFU/rubber glove의 수준을 보여 본 연구의 사용 후의 고무장갑에 대한 오염도보다 높은 수준의 오염도를 나타냈다. 고무장갑의 오염은 교차 오염의 원인을 제공하게 되므로 공장 내에 비치되어 있는 자외선 소독기 외에 기구 등을 살균하는 소독제를 이용하여 고무장갑의 초기 오염도 및 공정 후의 오염도를 낮춘다면 공정 위생환경을 높일 수 있다(MEST 2009).

3. 가공 공정별 제품의 미생물 변화

A업체의 대표적인 신선편이 농산물 중 양상추와 양배추의 공정별 미생물 오염도를 조사한 결과는 Fig. 2와 같다. 양상추 원재료의 총균수는 5.67 ± 0.02 log CFU/g, 대장균군은 2.50 ± 0.45 log CFU/g, 양배추 원재료의 총균수는 5.97 ± 0.48 log CFU/g, 대장균군은 2.53 ± 0.47 log CFU/g이 검출되었다. 그러나 박피 및 절단, 1차 세척, 2차 세척, 건조의 공정 과정을 거친 후의 최종 완제품에 대한 양상추의 총균수는 3.46 ± 0.49 log CFU/g, 대장균군은 1.58 ± 0.42 log CFU/g이며, 양배추의 총균수는 3.84 ± 0.31 log CFU/g, 대장균군은 2.06 ± 0.40 log CFU/g으로 두 품목 모두 공정 과정을 거친 후에 총균수는 2 log,

대장균군은 1 log 정도 미생물이 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 영국의 Public Health Laboratory Service(PHLS)에서는 신선편이 농산물에 대한 미생물학적 기준은 설정하지 않았으나, 총균수의 경우 조리된 채소는 4 log CFU/g 미만, 전처리된 샐러드는 6 log CFU/g 미만의 경우 만족할 수 있는 수준으로 제시하고 있다. 대장균은 모든 식품에서 공통적으로 20 미만일 때 안전한 수준, 20~100 사이는 받아들일 수 있는 수준, 100 이상은 허용 불가능한 수준으로 제시하고 있다(Gilbert *et al.* 2000). 따라서 본 연구의 최종 완제품의 미생물 오염도는 총균수는 3 log CFU/g, 대장균군은 1~2 log CFU/g의 수준을 보여 총균수와 대장균군 모두 받아들일 수 있는 수준임을 확인할 수 있었다. 또한 이 결과는 양상추 완제품에서 총균수는 4 log CFU/g, 대장균군은 4 log CFU/g의

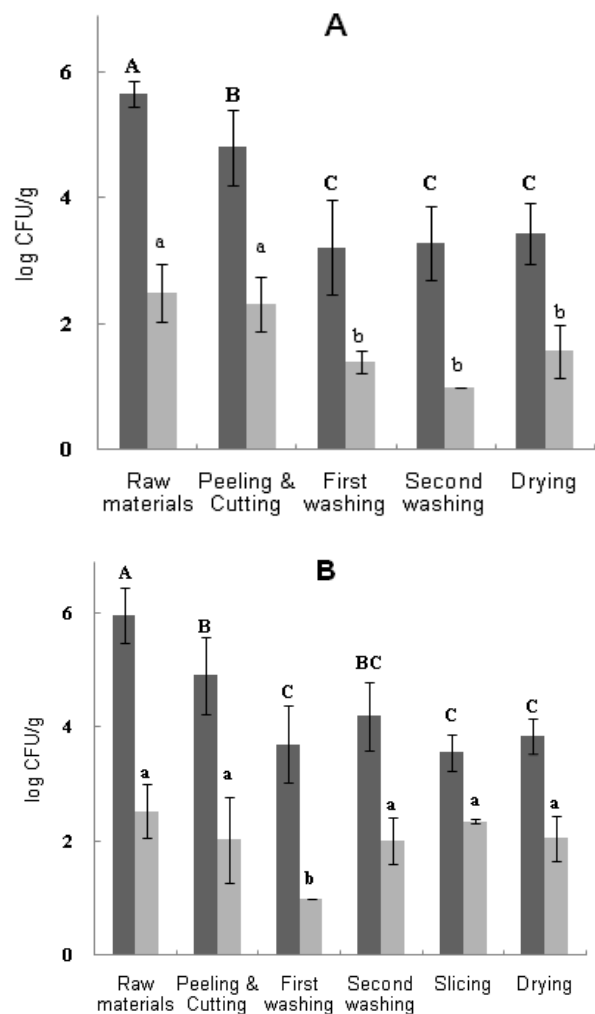


Fig. 2. Microbiological contamination levels of fresh cut lettuce(A) and cabbage(B) during processing.

■ : Total plate counts, □ : Coliform groups.

A~C(a~b) Means within bar graphs with different superscripts are significantly different at the $p < 0.05$ level.

수준(Kim *et al* 2009)과 양배추의 최종 제품에서 총균수는 4 log CFU/g의 오염도(Seo *et al* 2007)를 보인 선행 연구 결과와 비교할 때 A업체의 세척 공정이 비교적 잘 이행된 것으로 판단되어진다. 신선편이 농산물은 원료의 수확 시기 및 계절에 따라 품질의 차이를 보이며(Cha *et al* 2007), 수확 시기나 재배 및 유통 여건에 따라 차이가 있을 수 있으므로(Kim *et al* 2009) 최종 제품의 품질 및 안전성 확보에 있어서는 원재료의 품질과 오염도가 중요한 변수인 것으로 사료된다.

신선편이 농산물의 제조 단계에서 박피 또는 절단 후의 세척 과정은 표면 부착 미생물이나 세포 조직액 제거를 통하여 가공 이후의 저장 유통 과정 중 미생물 생육과 효소적 산화를 감소시키는 역할을 하므로 세척 과정을 통하여 초기 균수를 낮추는 과정이 중요하다(Hong *et al* 2000). 본 연구에서는 양상추와 양배추 두 품목 모두 원재료의 박피·절단 공정과 1차 세척 공정 후 총균수에 대하여 1 log의 유의적인 감소 효과를 보였다($p < 0.05$). 이를 통하여 박피·절단 공정과 1차 세척 공정이 올바르게 이행되고 있는 것으로 판단되었지만, 원재료와 박피·절단 공정은 표면에 부착된 흙이 제거되지 않은 상태이기 때문에 대장균군 감소에 있어서는 유의적인 차이는 보이지 않았다($p > 0.05$). 또한 양상추 공정의 경우 1차 세척과 2차 세척, 탈수 공정과정 후의 총균수와 대장균군은 공정 전·후의 유의적인 차가 보이지 않았으나($p > 0.05$), 양배추 공정의 경우 2차 세척공정 후 총균수와 대장균군의 유의적인 증가가 나타나($p < 0.05$), 2차 세척의 공정이 효과적으로 이행되지 않은 것으로 판단되었다. 이와 같은 결과는 2차 세척의 세척 온도와 세척조의 위생 관리가 잘 이행되지 않고 있는 업체의 문제점이 반영된 것으로 사료된다. 따라서 향후 A업체에서는 세척수의 온도 관리 및 세척조의 표면 오염도를 낮추는 노력이 필요할 것으로 판단된다. 마지막 탈수 과정의 경우 탈수기에 의한 교차 오염으로 총균수와 대장균군이 증가하여 앞서 설명한 기구 및 설비의 표면 오염도(Table 3)에 대한 관리가 중요한 것을 재확인할 수 있었다.

4. 신선편이 농산물 가공업체의 HACCP 계획서 검증(validation)

본 연구에서 수행한 미생물학적 위해 요소 분석 결과를 바탕으로 영세한 규모의 신선편이 농산물 가공업체들이 사용하고 있는 HACCP 계획서에서 CCP를 검증하였다. 신선편이 농산물 가공업체 A의 주요 공정인 세척 공정은 1차 세척·소독(전해수 무격막식), 2차 세척(헝굼) 공정으로 이루어져 있었다. 또한 A업체의 HACCP 계획서에 설정되어 있는 CCP는 1차 세척과 금속 검출 부분을 지정하여 관리하고 있었다(Fig. 3). 이 두 공정은 식품의약품안전청의 식재료 전처리업소를 위한 HACCP 시범사업 보고서(KFDA, 2008)에서도 소독 공

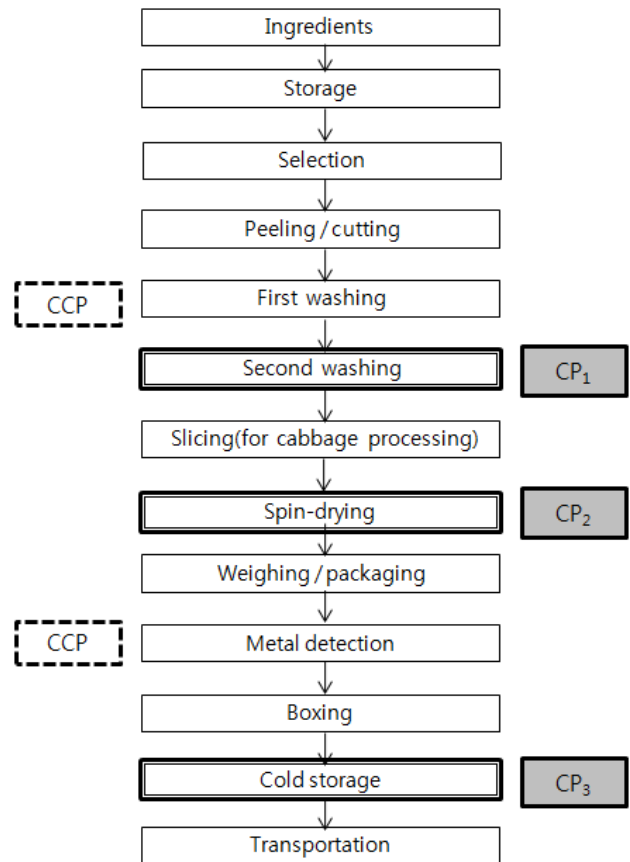


Fig. 3. Modification of HACCP processing with CP in fresh-cut produce plant.

정과 금속 검출 공정을 CCP로 설정한 HACCP plan을 제시하였으며, 대부분의 영세업체는 이 계획서를 이용하여 HACCP 지정을 받기 위한 공정을 실행하고 있는 실정이다.

Varzakas & Arvanitoyannis(2008)의 연구에서는 CCP 설정을 원재료의 운반 공정, 저장 공정, 1차 세척·포장 공정, 완제품 저장의 총 5가지 공정을 CCP로 설정하였으며, 그 중 1차 세척 공정은 초기 미생물을 감소시키고 병원성 미생물을 최소화 할 수 있는 공정으로 그 중요성을 강조하였다. A업체의 제조 공정도(Fig. 3)에 따라 공중낙하균 분포, 기구 및 설비의 표면 오염도, 공정별 샘플의 오염도, 작업자의 손 오염도 등의 가공 공정 중 식품에 직접 접촉이 되는 부분에 대한 미생물학적 위해 요소를 분석한 결과, 위해 요소 제어를 위한 CP를 추가 설정하여 관리해야 할 필요성을 확인하였다. CP란 HACCP 시스템을 적용하여 식품의 위해와 관계없이 일상적으로 관리해야 할 지점, 공정 또는 절차를 말하며, CP의 추가 설정으로 공정의 효과를 높일 수 있다(KFDA 2008).

본 연구 결과에 따라 세 개의 CP의 추가 설정이 필요함이 제시되었다. CP₁은 A업체에서는 2차 세척 공정으로 품목의 1차 세척 및 소독의 공정 후에 헝굼 및 염소취 제거의 목적

으로 실시하고 있었다. 공정별 미생물 오염도 결과(Fig. 3)에 따르면 A업체의 대표적인 품목인 양상추와 양배추는 2차 세척 후에 미생물이 감소하는 경향을 보이지 않았고, 오히려 증가하는 경향을 보여 2차 세척 공정이 효과적으로 이루어지지 않고 있음을 확인할 수 있었다. Kim *et al*(2008)의 연구에서는 1°C, 5°C의 냉수와 13°C의 지하수를 이용하여 깻잎을 세척한 결과, 세척수의 종류에 상관없이 온도가 낮을수록 세척의 효과가 높음을 확인하였다. 이러한 선행 연구 결과를 바탕으로 향후 A업체에서는 기존의 세척수 온도를 낮추어 세척 효과를 높이고 세척조의 표면 오염도를 낮추는 노력이 필요할 것으로 사료된다.

CP₂는 세척 후 품목의 탈수를 위한 공정으로 설정하였다. A업체는 탈수기와 탈수용 바구니를 통한 교차 오염에 의하여 미생물이 증가하여 탈수 과정이 위생적으로 이행되지 않음을 확인할 수 있었다(Table 3). Kim JK(2007)의 연구에서도 신선편이 농산물 가공업체의 공정별 미생물 오염도를 평가한 결과, 탈수기에 의한 교차 오염으로 대략 1~2 log 정도의 미생물이 증가한 것을 확인할 수 있었다. 따라서 탈수기와 탈수기용 바구니의 위생적인 세척과 확실한 건조에 의한 관리로 교차 오염을 예방할 수 있을 것이라고 판단된다. 또한 본 연구 결과로 설정된 CP₂ 지점인 탈수 공정의 경우 탈수 시설 및 기구의 세척과 건조가 효과적으로 이행되었는지 판단하기 위해서는 간편하고 쉽게 오염 정도를 수치화하여 측정하기 위하여 ATP bioluminescence를 사용하여 CP 및 CCP 관리에 활용할 수 있을 것으로 사료된다. Kim *et al*(2009)과 Park YS(2000)도 단체 급식 시설과 대학 급식소의 기구 및 용기에 대한 측정은 간편하게 사용이 가능한 ATP bioluminescence를 제안하였으며, 미생물학적 수준으로 800 RLU/cm² 를 허용 기준으로 하여 만족할 만한 수준과 시정해야 할 수준으로 구분하여 관리해야 한다고 보고하였다.

CP₃은 완제품에 대하여 출하 직전까지 저온 저장하는 공정으로서 Cho *et al*(2008)과 Willocx F(1995)의 연구에서는 신선편이 농산물은 온도에 의하여 품질의 변화의 큰 차이를 나타내며, 포장의 효과가 달라지기 때문에 완제품을 4~5°C 사이의 온도에서 저온 저장 유통하는 것이 필요하다고 하였다. Cho *et al* (2008)과 Willocx F(1995)의 연구를 고려해 볼 때 A업체에서도 공정 후 저장 온도 관리가 이행된다면 완제품의 위생과 품질을 유지하고 연장시킬 수 있을 것이라고 판단된다. 현재 대부분의 영세업체의 경우 식품의약품안전청의 식재료 전처리업소를 위한 HACCP 시범사업 보고서(KFDA 2008)의 소독 공정과 금속 검출 공정을 CCP로 설정한 HACCP 계획서를 활용하고 있는 점을 감안할 때 이와 같이 2차 세척, 탈수 공정, 완제품의 저장을 CP로 추가 설정 관리한다면 신선편이 농산물에 대하여 위생 및 품질 향상에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

따라서 본 연구에서 수행된 미생물학적 위해 요소 분석 결과를 활용하여 기존의 HACCP 계획서의 CCP 검증을 통해 공정과정에서의 CP의 추가 설정은 차후 모든 식품에 이행될 HACCP의 의무화에 대비하여 A업체와 비슷한 소규모의 영세한 신선편이 농산물 가공업체들이 위생 관리를 체계화하고 HACCP 인증을 받기 위한 중요한 가이드라인으로 활용되어 질 것이라고 사료된다.

요 약

본 연구는 신선편이 농산물 및 가공환경 중에 발생하는 미생물학적 위해 요소를 분석하여 공정 중 오염을 유발하는 지점을 재분석하고, 현재 사용되는 HACCP 계획서의 CCP 검증을 통하여 새로운 HACCP 가이드라인을 제시하였다. 본 연구의 대상인 A업체의 공장 내의 환경 오염도를 나타내는 공중 낙하균은 구획 분리 등의 관리로 인하여 10¹ log CFU/plate/15 min 이하의 대체적으로 낮은 오염도를 보였다. 기구 및 설비에 대한 표면 오염도를 검사 한 결과, *E. coli*는 검출되지 않았으며, 기구 및 설비의 총균수와 대장균군 오염도는 1~2 log CFU/100 cm² 수준을 보였다. 그러나 재료가 직접적으로 닿는 기구 중 원재료를 다듬는 도마(4.20±2.12 log CFU/cm²)와 세척 후 이용하는 탈수기의 표면(4.57±0.92 log CFU/cm²)의 총균수의 오염도가 높게 나와 도마와 탈수기를 통해 교차 오염의 위험성이 높은 것을 확인할 수 있었다. A업체의 주요 생산 품목인 양상추와 양배추의 공정별 미생물 감소 효과를 본 결과, 양상추와 양배추 원재료의 총균수는 5~6 logCFU/g, 대장균군은 2.5 logCFU/g 정도의 오염도를 보였으며, 박피 및 절단, 1차 세척, 2차 세척, 건조의 과정을 거친 후의 최종 완제품에 대하여 양상추와 양배추의 총균수는 3~4 log CFU/g, 대장균군은 1~2 log CFU/g의 오염도를 보여 공정 과정을 거치는 동안 미생물이 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 2차 세척과 탈수의 과정에서 미생물의 오염도가 유지 또는 증가하여 2차 세척과 탈수 공정에 대한 관리가 필요하였다. 공정 환경과 공정 효과에 대한 미생물학적 위해 요소를 분석한 결과, 기존의 HACCP 계획서에서 지정한 CCP(1차 세척 공정, 금속 검출 공정)외에 세 개의 CP(2차 세척 공정, 탈수 공정, 완제품의 저장)를 추가 설정한 새로운 HACCP 가이드라인을 제안하였다.

문 헌

- Cha HS, Youn AR, Kim SH, Kwon KH, Kim BS (2007) Evaluation of quality and analysis of hazard management at different seasons of lettuce. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 932-937.

- Cho SD, Youn SJ, Kim DM, Kim GH (2008) Quality evaluation of fresh-cut lettuce during storage. *Korean J Food & Nutr* 21: 28-34.
- Codex Alimentarius Commission (1997) Hazard analysis and critical control point(HACCP) system and guidelines for its application. Annex to CAC/RCP 1-1969, Revision 3, Rome.
- Food and Drug Administration (2007) Guide to minimize microbial food safety Hazards of fresh-cut fruits and vegetables. U.S.A.
- Gilbert RJ, De Louvois J, Donovan T, Hooper WL, Nichols G, Peel RN (2000) Microbiological guidelines for some ready-to-eat foods sampled at the point of sale. *Communicable Disease and Public Health* 3: 163-167.
- Harrigan WF (1998) Laboratory method in food microbiology. 3rd ed. Academic press, San Diego, CA, U.S.A. p 307-309.
- Harrigan WF, McCance ME (1976) Laboratory methods in food and dairy microbiology. Academic Press, New York. U.S.A. p 231-236.
- Hong SI, Jo MN, Kim DN (2000) Quality attributes of fresh-cut green onion as affected by rinsing and packaging. *Korean J Food Sci Technol* 32: 659-667.
- Huxsoll CC, Bolin HR (1989) Processing and distribution alternatives for minimally processed fruits and vegetables. *Food Technol* 43: 124-128.
- Kang YJ (1990) The properties and measurement of airborne microorganisms as a microbial food contamination. *Korean Dairy Technol* 8: 7-14.
- Kim BS, Chang MS, Park SY, Cha HS, Kwon KH (2008) Effect of temperature and packing type on quality of fresh-cut sesame leaf. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 231-238.
- Kim BS, Lee HO, Kim JY, Yoon DH, Cha HS, Kwon KH (2009) Microbial contamination in a facility for processing of fresh-cut leafy vegetables. *Korean J Food Preserv* 16: 573-578.
- Kim GH, Luo Y, Tao Y, Saftner RA, Gross KC (2005) Effect of initial oxygen concentration and film oxygen transmission rate on the quality of fresh-cut romaine lettuce. *J Sci Food Aric* 85: 1622-1630.
- Kim HY, Lee YH (2009) A study on the microbiological quality of vegetables in relation to the sanitization method used and vegetable types. *Korean J Food Cookery Sci* 25: 632-642.
- Kim JK (2007) Fresh(fresh-cut) agri-food industry and quality management. Semyoung, Korea. p 79-82.
- King jr AD, Bolin HR (1989) Physiological and microbiological storage stability of minimally processed fruits and vegetables. *Food Technol* 43: 132-135.
- Korea Food and Drug Administration(KFDA) (2008) Pilot project report: Application of HACCP system in pre-processing plant of food. p 122-136.
- Korea Food and Drug Administration(KFDA) (2009) Easy HACCP management. p 135-138.
- Korea Food and Drug Administration(KFDA) (2010) Code of food. Available from: <http://foodnara.go.kr>
- Lee HO, Kim JY, Yoon DH, Cha HS, Kim GH, Kim BS (2009a) Microbial contamination in a fresh-cut onion processing facility. *Korean J Food Preserv* 16: 567-572.
- Lee JH (2005) Verification of the HACCP system in school foodservice operations, and efficacy of personal hygiene management practices and sanitization of fresh vegetables. *MS Thesis* Yonsei University. Seoul. p 82.
- Lee MJ (2008) A feasibility study of using preprocessed and fresh-cut vegetables for school foodservices in GyeongGi province. *MS Thesis* Dankook University. Seoul. p 5-6.
- Lee YS, Kim SH, Kim DH (2009b) Current status of fresh-cut produce market in Korea and stimulus measures. Korea Rural Economic Institute, Korea. p 16-19.
- Ministry of Education, Science and Technology(MEST) (2009) Guideline hygiene management of school food service. Available from: <http://mest.go.kr>
- Park KJ (2001) Application of quantitative risk assessment in sanitation management model for ice cream processing. *Ph D Dissertation*. Seoul National University. Seoul. p 14-43.
- Park YS (2000) Evaluation of hygienic status of university foodservice operation using ATP bioluminescence assay. *Korean J Food Cookery Sci* 16: 195-201.
- Paulson DS (1992) Evaluation of three handwash modalities commonly employed in the food processing industry. *Dairy Food & Envir Sanit* 12: 165-173.
- Seo JE, Lee JK, Oh SW, Koo MS, Kim YH, Kim YJ (2007) Changes of microorganisms during fresh-cut cabbage processing: Focusing on the changes of air-born microorganisms. *J Food Hyg Safety* 22: 288-293.
- Seol HR, Park HS, Park KH, Park AK, Ryu K (2009) Microbiological evaluation of foods and kitchen environments in childcare center and kindergarten foodservice operations. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 252-260.
- Stringer MF (1994) Safety and quality management through

- HACCP and ISO 9000. *Dairy Food & Envir Sanit* 14: 428-481.
- Varzakas TH, Arvanitoyannis IS (2008) Application of ISO 22000 and comparison to HACCP for processing of ready to eat vegetables: Part I. *Int J Food Sci Technol* 43: 1729-1741.
- Willox F (1995) Evolution of microbial and visual quality of minimally processed foods: A case study on the product life cycle of cut endive. *Ph D Dissertation*. Catholic University of Leuven, Belgium. p 226-228.
- Yoon AR, Kim BS, Kim SH, Kwon KH, Cha HS (2007) Quality evaluation and residual pesticides of lettuce during growth after transplanting. *Korean J Food Preserv* 14: 124-130.
-

접 수: 2011년 3월 2일
최종수정: 2011년 4월 18일
채 택: 2011년 5월 30일