

미생물 분석에 의한 채소류 비가열 조리공정의 위생관리 기준 유효성 평가

김원경·류 경[†]
영남대학교 생활과학대학 식품영양학과

Validation of Sanitation Management Standards for Vegetable Preparation with No-Cook Step Based on Microbiological Analysis

Won-Kyeong Kim · Kyung Ryu[†]

Dept. of Food & Nutrition, College of Human Ecology, Yeungnam University, Gyeongsan 38541, Korea

ABSTRACT

This study evaluated the sanitation management standards for vegetable preparation processes without a cooking stage. The aerobic plate counts (APC), coliform counts, and *Escherichia coli* of the samples at each production step were analyzed, and microbial growth of the samples stored at different temperatures was measured. The validation was judged in accordance with the microbial criteria stipulated by the British PHLS. After washing and disinfection, the APCs of the two samples decreased to 3~4 log CFU/g in both seasons. Compared to the purchasing stage, the decrease in coliform counts was approximately 0~3 log CFU/g in both seasons; *E. coli* was not detected. The initial APC and coliform levels of two vegetable samples were 4~5 log CFU/g in both seasons, with an increase of 1 log CFU/g taking more than 6 h at 25°C and 2 h at 35°C. More than 10 h at 25°C and 6 h at 35°C were required to increase the *E. coli* O157:H7 count by 1~2 log CFU/g for two seasoned samples. In conclusion, washing and disinfection effects and changes in microbial growth during room temperature storage were similar in the two vegetables. Despite the low sanitizing effect of the two vegetables, when cut vegetables were stored under the critical limit within 2 h at two different room temperatures, seasoned lettuce and chicory were at the 'satisfactory' or 'acceptable' levels of PHLS regardless of the storage temperatures. The validation of sanitation management standards applied to vegetable preparation with the no-cook step was approved.

Key words : vegetable, no-cook step, storage, criteria, validation

서론

본 논문은 석사학위 논문 중 일부임.

접수일 : 2021년 1월 5일, 수정일 : (1차) 2021년 1월 21일,
(2차) 2021년 1월 26일, 채택일 : 2021년 1월 27일

[†] Corresponding author : Kyung Ryu, Department of Food and Nutrition, College of Human Ecology, Yeungnam University, 280 Daehak-ro, Gyeongsan 38541, Korea
Tel : 82-53-810-2876, Fax : 82-53-810-4768
E-mail : akryu@ynu.ac.kr
ORCID : <https://orcid.org/0000-0002-6941-3167>

세계적으로 지구 환경과 건강에 대한 관심이 높아지면서 비가열 채소 조리식품의 구매액이 늘어나고 있다(Rural Development Administration 2020). 이러한 추세에 따라 신선 농산물에 의한 식중독 사고 발생이

크게 증가하고 있다. 2008년 미국 43개 주에서 토마토와 고추(Irlbeck 등 2014)에 의해, 2011년 유럽에서는 독일산 새싹채소에 의해 식중독 환자가 대량 발생하였다(Mora 등 2011). 국내에서도 최근 5년간 병원성 대장균 감염증의 원인식품 중 채소류가 55.2%였고, 특히 김치와 생채류 등 비가열 채소류의 비율이 높았다(Ministry of Food and Drug Safety 2020a).

채소류 소비 단계의 주요 위해인자로 병원성 대장균에 오염된 농산물을 충분히 세척·소독하지 않거나 전처리 후 실온에 장시간 방치한 것이 자주 보고되었다(Gil 등 2015). 미국 Food Code에서는 전처리된 열경채류와 멜론, 토마토 등을 식품 안전을 위해 온도-시간 관리가 필요한 식품(time/temperature for safety food, TCS)으로 정하였다(US Food and Drug Administration 2017). 특히 생산부터 소비까지 모든 과정에서 미생물에 자주 노출되는 열경채류는 5°C 이하 냉장을 권장하였고(US Food and Drug Administration 2010), 상온에서 채소류는 전처리 또는 조리 후 2시간 이내 보관하되 32°C 이상에서는 1시간 이내의 더 엄격한 시간 기준을 정하였다(US Centers for Disease Control and Prevention 2020).

국내 학교 등 집단급식은 학교급식 위생관리 지침서(Ministry of Education 2016)와 집단급식소 Hazard Analysis and Critical Control Points(HACCP) 관리 기준서(Ministry of Food and Drug Safety 2014) 등에서 채소류의 비가열 조리공정에 대해 검수, 세척·소독과 배식 등의 critical control points(CCP)를 지정하였다. 한계 기준으로 세척·소독에 대해서는 흐르는 물로 충분히 세척한 후 염소계 소독제 100 ppm에 5분간 침지하거나 동등한 효과를 가진 살균제로 소독한 후 먹는 물로 행구도록 정하였다. 배식(운반 포함)에 대해서는 조리된 음식을 열장하거나 실온에 저장할 경우 2시간 이내 배식을 완료하도록 하였다(Ministry of Education 2016). HACCP 시스템은 효과성 및 실행 여부를 정기적으로 확인·평가하도록 검증(verification) 절차를 포함하고 있으며, 검증 절차는 유효성 평가(validation)와 실행성 검증으로 이루어진다. 유효성 평

가는 HACCP 계획이 올바르게 수립되어 있는지 확인하는 수단으로 과학적 자료의 수집과 평가를 통해 확인하는데 일반적으로 미생물 검사가 많이 이용된다. 실행성 검증은 관리 계획이 설계된 대로 이행되고 있는지 확인하는 과정이다(US Food and Drug Administration 1997).

집단급식소와 외식업소에서 가열처리 없이 섭취하는 채소류는 구매부터 저장, 조리에 이르기까지 미생물 수준을 엄격하게 관리하는 것이 중요하다. 특히 초기 오염도가 높을 경우 세척·소독 후에도 높은 수준의 미생물이 잔존할 수 있다(Van Haute 등 2015). 채소류에 대한 소독 효과는 소독제(살균제)의 종류, 농도와 처리 시간, 미생물 부착의 강도와 속도 등 영향을 미치는 요인이 다양하기 때문에 가열처리 없이 소독만으로 병원균을 완전히 제거하거나 불활성화할 수 없다(Koseki & Itoh 2000; Sapers 2001). 집단급식을 포함한 식품 산업에서는 살균력, 사용 편의성과 가격을 고려하여 차아염소산나트륨 등의 염소계 소독제를 많이 이용한다(Issa-Zacharia 등 2010). 염소계 소독제의 미생물 감소 수준은 농산물의 종류에 따라 1~2 log로 매우 제한적이었다(Yeon 등 2005; Niemira 2007; Allende 등 2009; Nei 등 2009; Kim & Yu 2010). 특히 상추에 대한 염소계 소독의 병원균 감소 효과를 메타 분석한 연구 결과, 0~1.37 log CFU/g(평균 0.68 log CFU/g)으로 나타나 비엽채류인 당근 3.04 log CFU/g(2.32~3.76 log CFU/g)에 비해 매우 낮았다(Prado-Silva 등 2015). 이러한 염소계 소독의 효과는 채소의 표면적이나 표면의 거친 정도, 미생물의 종류, pH나 소독수 내 유기물 함량 등에 따라 차이를 나타내었다(Delaquis 등 2002; Zeng 등 2014).

소독 후 잔존 미생물이 이후 단계에서 부적절한 온도에 놓일 경우 증식이 일어나므로 온도-시간 관리를 철저히 해야 한다(Beuchat & Brackett 1990). 특히 *E. coli* O157:H7은 스트레스 환경에 쉽게 적응하며, 최저온도는 36~40°C이지만 더 낮은 온도에서도 성장할 수 있다(Ishii 등 2010). 또한 소량으로도 독소를 생산할 수 있어(Li 2014) 오염되거나 소독 후에도 증

식될 수 있는 환경에 노출되지 않도록 관리해야 한다 (Delaquis 등 2002). 비가열 채소 조리식품에 대한 대부분의 연구는 식재료 구매나 조리 완료 시점에서 채취한 시료를 대상으로 하였으므로, 주요 공정인 세척·소독과 소독 후 저장 단계에서 위생관리 기준을 준수할 경우 최종 조리식품의 안전성이 확보되는지 관리 기준의 유효성을 파악하기 어렵다.

이에 본 연구는 비가열 채소 조리식품인 여름과 가을철 구매한 상추무침과 치커리무침을 대상으로 세척·소독과 실온 저장을 중심으로 조리공정 단계별 미생물 수준을 분석하고, 세척·소독 후 *E. coli* O157:H7을 접종하여 실온 저장 온도에 따른 미생물 성장 변화를 확인함으로써, 비가열 채소 조리식품에 적용되는 위생관리 기준의 유효성을 평가할 목적으로 수행되었다. 나아가 급식 및 외식업소 종사원을 위한 비가열 채소 조리식품의 위생관리를 위한 교육 프로그램의 기초자료를 제공하고자 하였다.

연구방법

1. 시료 선정 및 저장 환경 설정

고등학교 급식에서 사용 빈도가 높은 엽채류(Min 등 2016) 중 상추(*Lactuca sativa* var. *crispa*)와 치커리(*Cichorium intybus* L.)를 시료로 선정하였다. 이들 식품은 조리 공정에서 단독 또는 다른 채소와 혼합하여 제공하는 비가열 조리공정을 거친다(Min 등 2016).

본 연구의 예비 실험은 2020년 5월 4일부터 28일까지 실시하였다. 본 실험은 계절에 따른 상추무침과 치커리무침의 미생물 수준을 알기 위해 한반도의 계절 기준에 준해 여름 2020년 6월 10일~8월 10일, 가을 9월 7일~10월 30일로 나누어 진행하였다. 상추무침과 치커리무침의 저장 온도는 여름과 가을의 조리실 내부온도와 공동조리고를 포함한 이동급식에서 사용되는 급식 운반차량의 실내 온도를 반영하여 25°C와 35°C로 설정하였다.

2. 시료의 구입 및 조리

본 연구에 사용된 식재료는 경산 소재 소매 식료품점에서 구입하였다. 채소무침의 레시피는 단체급식 표준조리 레시피(The Korean Dietetic Association 2007)를 참고하였다. 두 무침류에 사용한 양념은 동일하였으며, 시료 100 g 기준으로 진간장(Sajo, Yeongcheon, Korea) 24 g, 식초(Daesan, Osan, Korea) 8 g, 멸치액젓(Daesan, Sunchang, Korea) 8 g, 참기름(Ottogi, Anyang, Korea) 8 g, 고춧가루(Hanbitfood, Gyeongsan, Korea) 10 g, 다진 마늘(Pulmuone, Pocheon, Korea) 8 g, 백설탕(CJ Cheiljedang, Incheon, Korea) 5 g, 볶은 참깨(Ottogi, Eumseong, Korea) 2 g를 사용하였다. 세척·소독은 집단급식소 HACCP 관리 기준서(Ministry of Food and Drug Safety 2014)와 학교급식 위생관리 지침서(Ministry of Education 2016)의 한계 기준에 준하여 흠이나 이물질 제거를 위해 3회 이상 세척하고, 차아염소산나트륨 100 ppm에 5분간 침지하였다. 이후 냄새가 나지 않을 때까지 흐르는 물로 3회 이상 행군 후 물기를 제거하고 4×4 cm로 절단하여 멸균백에 보관하였다.

3. 시료의 채취

상추무침과 치커리무침의 각 조리공정과 절단 후 저장 온도 및 미생물 분석을 위한 시료 채취 시점은 Fig. 1에 제시하였다. 조리공정별 미생물 수준의 분석에 사용될 시료의 채취는 구입, 세척, 소독, 절단, 무침 지점에서 각각 이루어졌다. 저장 온도별 미생물 성장 측정에는 조리공정별 시료와 동일한 세척·소독 과정을 거치고, 절단한 시료를 사용하였다. 상추나 치커리를 무침 경우 질감이나 수분 용출이 발생하므로 급식 현장에서 사용하는 방법을 적용하여 무침 상태가 아닌, 절단한 시료를 저장하였다가 시료 채취 직전 양념으로 무쳤다. 절단한 시료는 25°C와 35°C에서 12시간까지 2시간 간격으로 100 g을 채취하였다. *E. coli* O157:H7 접종 실험은 절단 후 4 log CFU/g의 균혼합액(culture cocktail)을 분주하여 25°C에서 2, 4, 6, 8,

10, 12, 24, 48시간, 35°C에서는 시료의 상태를 고려하여 24시간까지만 저장한 후 시료를 채취하였다. 시료의 품온은 실험실 도착 직후 측정되었고, 환경 온도는 그날의 기상청 특보를 활용하였다.

4. 미생물 분석

시료 준비와 일반세균 및 대장균군의 미생물 분석은 식품공전(Ministry of Food and Drug Safety 2020b)에 준해 진행하였다. 대장균 분석은 식품공전(Ministry of Food and Drug Safety 2020b)과 Hong 등(2012)을 참조하였다.

1) 시료의 준비

시료 25 g을 골고루 취해 0.1% peptone water(PW; Difco, Becton Dickinson Co., Sparks, MD, USA) 225 mL를 넣고 중속으로 1분간 균질화하였다(Bag Mixer 400, Interscience, Auvergne, France). 균질액 1 mL에 0.1% PW 9 mL를 가해 십진 희석하였다. 시료 채취 및 실험 과정에 사용된 모든 도구는 멸균하여(HV-50,

Hirayama, Saitama, Japan) 사용하였다.

2) 미생물 분석

조리공정별 채취한 시료와 절단된 시료의 저장 온도별 미생물은 일반세균(aerobic plate counts, APC), 대장균군(coliforms), 대장균(*E. coli*)에 대해 분석하였다. 모든 실험은 3회 반복하였다.

일반세균 분석을 위해 시료 희석액은 0.1 mL를 취하여 tryptic soy agar(TSA, Difco)에 spread하였고, 35±1°C에서 48±2시간 배양(IB-600M, Jeio Tech, Seoul, Korea) 후 30~300개의 집락을 계수하였다. 대장균군에 대해서는 단계별 시료 희석액 0.1 mL를 desoxy-cholate lactose agar(DLA, Difco)에 분주하여 spread하였고, 35±1°C에서 24±2시간 배양하여 생성된 암적색 집락을 계수하였다. 대장균수는 시료 희석액 0.1 mL를 eosine methylene blue agar(EMB, Difco)에 spread하여 35±1°C에서 24±2시간 배양 후 녹색 금속성 광택이 확인된 집락을 API 20E kit(BioMérieux, Craponne, France)로 확인시험한 후 계수하였다.

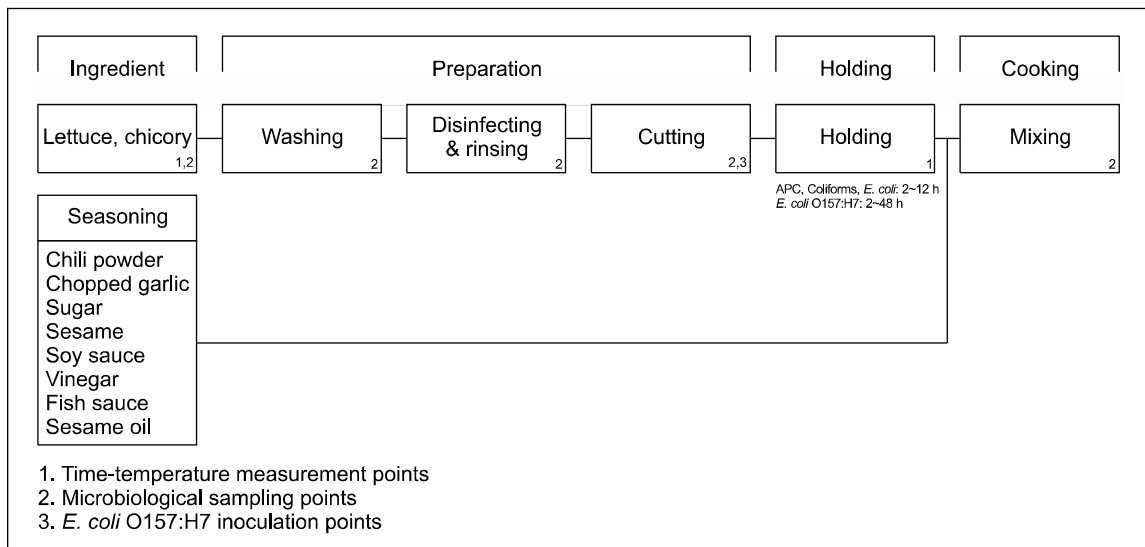


Figure 1. Production flow and microbiological sampling points of lettuce muchim and chicory muchim (lettuce, chicory mixed with seasoning).

5. *E. coli* O157:H7 접종

1) 균액 제조

균주는 인간 대변에서 분리된 *E. coli* O157:H7 ATCC 35150과 ATCC 43894를 한국미생물보존센터(Seoul, Korea)에서 분양받아 사용하였다. 냉동(-70°C) 균주는 9 mL의 TSB(Difco)로 35±1°C에서 24시간 배양한 후 3회 이상 계대 배양을 거쳐 활성화하였다. 균체(pellet)를 얻기 위해 배양액은 12,000×g, 3°C의 조건에서 3분간 원심분리(HMR-150IV, Hanil Sci., Incheon, Korea)하여 상등액을 제거하였다. 균체에 0.1% PW를 넣어 균액을 제조한 후 각각 0.5 mL씩 취하여 균 혼합액으로 만들었다.

2) 시료 준비 및 접종

시료 준비 및 접종은 식품공전(Ministry of Food and Drug Safety 2020b)과 Singh 등(2002)의 방법을 참고하였다. 상추 및 치커리는 조리공정별 시료 준비 과정과 동일한 방법으로 준비하였다. 제조된 균 혼합액은 예비 실험을 통해 0.1% PW 9 mL를 사용하여 선행연구(Delaquis 등 2002; Nguyen 등 2014; Zeng 등 2014)를 근거로 식품의 초기 농도가 3 log CFU/g 수준이 될 수 있도록 약 4 log CFU/g을 0.3 mL 취하여 줄기와 잎맥에 골고루 분주하였다. 표면에 잘 부착될 수 있도록 1시간 동안 clean bench(HS-CB-1600, Hansol Fine Lab.)에 방치하였다. 접종된 시료는 시료의 상태와 균의 성장속도를 고려하여 25°C에서 48시간까지, 35°C에서 24시간까지 각각 보관하면서 해당 시간에 시료를 채취하였다.

3) 균수의 측정

소독 후 저장된 상추 및 치커리는 100 g씩 채취하여 양념에 골고루 무친 후 조리공정별 미생물 분석과 동일한 방법으로 시료를 준비하였다. 균질화된 시료는 cexifime tellurite(CT)-supplement(Oxoid)를 첨가한 sorbitol macConkey agar(SMAC)(Oxoid)에 0.1 mL씩 분주한 후 spread하였다. 저장 온도 35±1°C에서 18~

24시간 배양한 후 sorbitol을 분해하지 않은 무색 집락을 계수하였다.

6. 미생물 분석 결과의 평가

절단 채소를 양념에 무친 후 생산 완료된 식품에 대한 미생물 분석 결과는 영국 Public Health Laboratory Service(PHLS)(Gilbert 등 2000)의 ready-to-eat 채소류와 국내 식품공전의 집단급식소를 포함한 식품접객업소 조리식품의 미생물 규격을 기준으로 유효성을 판단하였다. 조리식품에 대한 일반세균수와 대장균군수 규격은 국내 식품공전에서 제시되지 않아 영국 PHLS의 기준에 준해 판정하였다. 일반세균수는 '만족' <6 log CFU/g, '수용' 6~<7 log CFU/g, '불만족' ≥7 log CFU/g이며, 대장균군수는 '만족' <2 log CFU/g, '수용' 2~<4 log CFU/g, '불만족' ≥4 log CFU/g이다. 대장균수는 국내 식품공전의 허용 수준인 ≤10 CFU/g와 영국 PHLS의 '만족' <20 CFU/g, '수용' 20~<100 CFU/g, '불만족' ≥2 log CFU/g의 기준에 준하여 판정하였다. *E. coli* O157:H7은 식품공전과 영국 PHLS의 기준이 동일하여 '시료 25 g에서 불검출'을 기준으로 판정하였다.

7. 통계분석

통계분석에는 SPSS Package(IBM SPSS Statistics ver. 25.0, IBM, Armonk, NY, USA)를 이용하였다. 조리공정과 저장 조건별, 접종 실험의 미생물수는 평균과 표준편차로 산출하였다. 시료의 저장 온도 간 미생물 수의 차이는 paired t-test에 의해 분석하였다. 저장 시간별 미생물 수의 차이는 일원 배치 분산분석(One-way Analysis of Variance)을 이용하였고, 평균치 간 사후검증은 Duncan's multiple range test를 이용하여 P<0.05 수준에서 측정하였다.

결 과

1. 조리과정 단계별 미생물수 변화

1) 상추무침

여름과 가을철 상추무침의 조리과정 단계별 일반세균과 대장균군의 분석 결과는 Fig. 2와 같다. 여름철 구매 시점에서 상추의 평균 품온은 17.1°C, 환경온도는 32.1°C였다. 구매 후 상추의 일반세균수는 7.21±0.02 log CFU/g이었다. 세척 후에는 5.73±0.18 log CFU/g으로 1.48 log CFU/g 감소하였고(P<0.05), 소독 후 4.60±0.17 log CFU/g으로 1.13 log CFU/g 감소하였다(P<0.05). 저장 후 양념을 혼합한 상추무침에서는 5.56±0.05 log CFU/g으로 증가하였다(P<0.05). 양념장의 일반세균수는 5.24±0.09 log CFU/g으로 나타났다. 가을철에 구매한 상추의 평균 품온은 11.0°C, 환경온도는 21.5°C였다. 일반세균수는 5.57±0.01 log CFU/g이었던 것이 세척 후 4.70±0.02 log CFU/g으로 감소하였으나(P<0.05) 그 차이는 1 log CFU/g 미만이었다. 소독

후 3.46±0.04 log CFU/g으로 1.24 log CFU/g 감소하였다(P<0.05). 양념장으로 혼합한 후 4.60±0.09 log CFU/g에 이르렀다(P<0.05).

상추무침의 대장균군 분석 결과, 상추는 여름철 구매 후 6.50±0.02 log CFU/g이던 것이 세척 후 5.28±0.05 log CFU/g으로 1.22 log CFU/g 감소하였고(P<0.05), 소독 후 3.61±0.08 log CFU/g으로 구매 시점 대비 약 3 log CFU/g 감소하였다(P<0.05). 양념 혼합 후 3.68±0.06 log CFU/g이 검출되었다. 양념장의 대장균군수는 검출 한계인 1 log CFU/g 미만이었다. 가을철 상추의 대장균군수는 구매 시점 3.57±0.04 log CFU/g에서 세척 후 3.33±0.02 log CFU/g, 소독 후 3.19±0.01 log CFU/g으로 감소하였으나(P<0.05) 그 차이는 각각 1 log CFU/g 미만이었다. 소독된 상추는 양념 혼합 후 증가하여 3.37±0.04 log CFU/g에 이르렀다(P<0.05). 가을철 상추무침의 대장균군수는 구매 시점, 세척·소독 후에도 3 log CFU/g 수준에 머물렀다. 두 계절 모두 상추무침의 대장균수는 검출 한계인 1 log CFU/g 미만이었다.

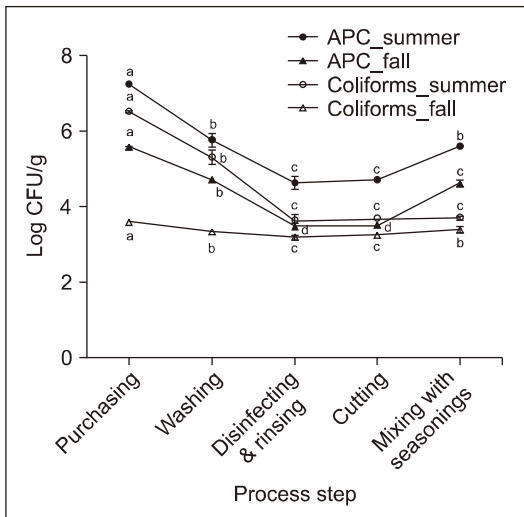


Figure 2. Aerobic plate counts and coliforms of lettuce muchim at each production process in summer and fall. All data represent means and standard deviations (n=3). The different letters (a, b, c and d) above bars show a significant difference at P<0.05 by Duncan's multiple range test.

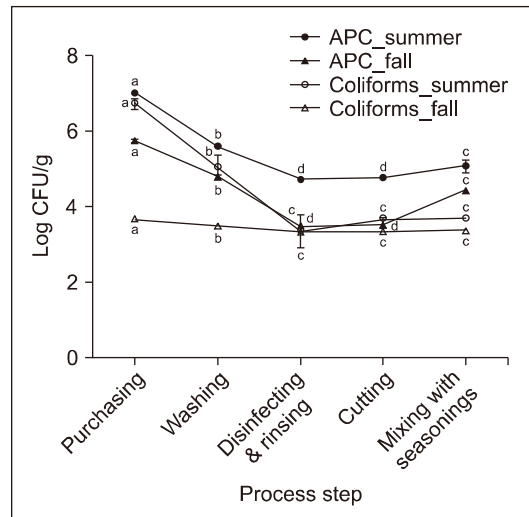


Figure 3. Aerobic plate counts and coliforms of chicory muchim at each production process in summer and fall. All data represent means and standard deviations (n=3). The different letters (a, b, c and d) above bars show a significant difference at P<0.05 by Duncan's multiple range test.

2) 치커리무침

여름 및 가을철 치커리무침의 조리과정 단계별 일반세균과 대장균군 분석 결과를 Fig. 3에 제시하였다. 여름철 구매 시점에서 치커리의 평균 품온은 17.5°C, 환경 온도는 32.1°C였다. 치커리의 구매 후 일반세균수는 7.00±0.02 log CFU/g이었고, 세척 후 5.58±0.03 log CFU/g으로 1.42 log CFU/g 감소하였다(P<0.05). 소독 후 4.70±0.02 log CFU/g으로 1 log CFU/g 미만 감소하였다. 양념과 혼합한 후 증가하여 5.06±0.17 log CFU/g에 이르렀으나(P<0.05), 그 차이는 1 log CFU/g 미만이었다. 가을철 치커리의 경우, 구매 후 평균 품온은 11.3°C, 기온은 21.5°C였다. 치커리의 구매 후 일반세균수는 5.75±0.04 log CFU/g으로 나타나 여름철에 비해 1 log CFU/g 이상 차이를 보였다. 이러한 수준은 세척 후 4.80±0.02 log CFU/g, 소독 후 3.48±0.03 log CFU/g으로 각각 유의적으로 감소하였다(P<0.05). 양념장에 무친 후 4.43±0.02 log CFU/g이 검출되었다(P<0.05).

여름철 치커리의 구매 후 대장균군수는 6.72±0.15

log CFU/g으로 나타났다. 세척 후 5.03±0.34 log CFU/g (P<0.05)이었으며, 소독 후 3.34±0.43 log CFU/g (P<0.05)으로 구매 시점에 비해 3.38 log CFU/g 감소하였다(P<0.05). 가을철 치커리는 구매 후 3.66±0.01 log CFU/g이었고, 세척과 소독을 거친 후 모두 3 log CFU/g 수준으로 나타나(P<0.05) 감소 효과는 각각 1 log CFU/g 미만으로 크지 않았다. 양념 혼합 후 두 계절 모두 3 log CFU/g 수준으로 검출되었다. 치커리무침의 대장균수는 두 계절 모두 검출 한계인 1 log CFU/g 미만이었다.

2. 저장 온도별 미생물 성장

1) 상추무침

여름과 가을철 상추무침의 저장 온도에 따른 일반세균수와 대장균군수의 변화는 Table 1과 같다. 일반세균수는 여름철의 경우 소독 후 자른 상추를 양념장에 무친 후 5.56±0.05 log CFU/g이었던 것이 약 1 log CFU/g으로 증가하는데 여름 25°C에서는 12시간, 35°C에서는 8시간이 소요되었다. 여름 두 저장 온도 간 일

Table 1. Changes in aerobic plate counts and coliform counts on lettuce muchim according to different storage temperatures. (log CFU/g)

Micro-organism	Season	Temp. (°C)	Time (h)							
			0	2	4	6	8	10	12	
APC	Summer	25	5.56±0.05 ^{a,1,2)}	5.56±0.10 ^a	5.57±0.43 ^a	5.62±0.05 ^a	5.63±0.02 ^a	5.65±0.08 ^a	6.28±0.42 ^b	
		35		5.55±0.13 ^a	5.72±0.11 ^a	5.90±0.43 ^{ab}	6.28±0.54 ^b	7.13±0.25 ^c	7.64±0.10 ^d	
		P-value	-	0.945 ³⁾	0.614	0.332	0.105	0.001	0.006	
	Fall	25	4.60±0.09 ^{a,1,2)}	4.68±0.02 ^a	4.78±0.04 ^a	5.52±0.59 ^b	5.65±0.35 ^b	5.73±0.30 ^b	5.98±0.02 ^b	
		35		4.77±0.02 ^{ab}	5.13±0.54 ^b	5.89±0.01 ^c	6.14±0.21 ^{cd}	6.52±0.44 ^{de}	6.88±0.02 ^e	
		P-value	-	0.006	0.381	0.387	0.108	0.061	<0.001	
Coliforms	Summer	25	3.68±0.06 ^a	3.69±0.05 ^{ab}	3.72±0.01 ^{ab}	3.79±0.01 ^{ab}	3.80±0.02 ^{ab}	4.08±0.65 ^{ab}	4.23±0.34 ^b	
		35		3.76±0.01 ^{ab}	4.08±0.04 ^{bc}	4.38±0.10 ^c	5.24±0.31 ^d	5.85±0.42 ^e	6.28±0.04 ^f	
		P-value	-	0.150 ³⁾	0.003	<0.001	0.001	0.017	0.008	
	Fall	25	3.37±0.04 ^a	3.39±0.03 ^a	3.41±0.04 ^a	3.47±0.02 ^b	3.61±0.02 ^c	3.70±0.02 ^d	3.79±0.01 ^c	
		35		3.43±0.02 ^a	3.52±0.03 ^a	3.69±0.02 ^{ab}	3.93±0.28 ^b	4.05±0.34 ^{bc}	4.33±0.32 ^c	
		P-value	-	0.175	0.017	<0.001	0.192	0.211	0.100	

¹⁾ Data represent mean±standard deviation (n=3)

²⁾ Means with different in the same row are significantly different at P<0.05 by Duncan's multiple range test

³⁾ Paired t-test between two types of temperature values at same storage time

반세균수는 10시간과 12시간에서 유의적인 차이를 보였다($P < 0.01$). 가을철 상추무침의 일반세균수는 초기 $4.60 \pm 0.09 \log \text{CFU/g}$ 이었으나, 25°C 에서 저장 6시간, 35°C 에서 저장 4시간에 $1 \log \text{CFU/g}$ 증가를 보여주었다($P < 0.05$). 저장 온도별 일반세균수는 2시간과 12시간에서 유의적인 차이를 나타내었다($P < 0.01$).

대장균수의 변화를 살펴보면, 여름철 상추무침의 초기 수준은 $3.68 \pm 0.06 \log \text{CFU/g}$ 이었으나 $1 \log \text{CFU/g}$ 수준 증가($P < 0.05$)에 25°C 에서 10시간, 35°C 에서 4시간이 소요되었다. 저장 온도별 대장균수는 2시간을 제외한 시간에서 유의적인 차이를 보였다($P < 0.05$). 가을철 상추무침의 초기 대장균수는 $3.37 \pm 0.04 \log \text{CFU/g}$ 이었다. 25°C 에서는 12시간까지 $3 \log \text{CFU/g}$ 수준을 유지하였으나 35°C 에서는 저장 10시간에 $1 \log \text{CFU/g}$ 수준 증가한 $4.05 \pm 0.34 \log \text{CFU/g}$ 으로 나타났다($P < 0.05$). 두 저장 온도 간 차이는 4시간($P < 0.05$)과 6시간에서 ($P < 0.001$) 나타났다나 그 차이는 $1 \log \text{CFU/g}$ 미만이었다. 여름과 가을철 상추무침의 대장균수는 모든 저장 온도에서 검출 한계인 $1 \log \text{CFU/g}$ 미만이었다.

2) 치커리무침

치커리무침의 여름과 가을철 저장 온도에 따른 일반세균과 대장균의 성장은 Table 2와 같다. 여름철 일반세균수는 양념에 무친 후 $5.06 \pm 0.17 \log \text{CFU/g}$ 이었던 것이 25°C 에서 $1 \log \text{CFU/g}$ 수준 증가하는데($P < 0.05$) 6시간이 소요되었다. 반면 35°C 에서는 2시간에 $1 \log \text{CFU/g}$ ($P < 0.05$), 10시간에는 $2 \log \text{CFU/g}$ ($P < 0.05$) 수준이 각각 증가하였다. 가을의 경우, 초기 일반세균수는 $4.43 \pm 0.02 \log \text{CFU/g}$ 이었다. $1 \log \text{CFU/g}$ 수준 증가에 25°C 에서는 6시간이 소요된 반면, 35°C 에서는 2시간까지 초기 $4 \log \text{CFU/g}$ 수준을 유지하다가 4시간에 $1 \log \text{CFU/g}$, 8시간에 $2 \log \text{CFU/g}$ ($P < 0.05$) 수준이 각각 증가하였다.

치커리무침의 대장균수 분석 결과, 여름철에는 초기에 $3.69 \pm 0.01 \log \text{CFU/g}$ 으로 나타났다. $1 \log \text{CFU/g}$ 수준 증가에 25°C 에서 10시간, 35°C 에서는 2시간이 소요되었다($P < 0.05$). 가을철의 경우 초기 수준은 $3.38 \pm 0.03 \log \text{CFU/g}$ 으로 25°C 에서는 12시간까지 이 수준을 유지하였으나($P < 0.05$), 35°C 에서는 10시간부터 $1 \log \text{CFU/g}$

Table 2. Changes in aerobic plate counts and coliform counts on chicory muchim according to different storage temperatures. (log CFU/g)

Micro-organism	Season	Temp. ($^\circ\text{C}$)	Time (h)							
			0	2	4	6	8	10	12	
APC	Summer	25	$5.06 \pm 0.17^{a,1,2)}$	5.27 ± 0.01^a	5.82 ± 0.34^b	6.18 ± 0.10^c	6.13 ± 0.09^c	6.72 ± 0.22^d	6.97 ± 0.03^d	
		35		6.16 ± 0.03^b	6.43 ± 0.05^c	6.55 ± 0.02^c	6.96 ± 0.22^d	7.58 ± 0.18^e	8.43 ± 0.21^f	
		P-value	-	$< 0.001^3)$	0.083	0.004	0.004	0.007	< 0.001	
	Fall	25	$4.43 \pm 0.02^{a,1,2)}$	4.73 ± 0.02^a	4.74 ± 0.05^a	5.14 ± 0.55^b	5.79 ± 0.01^c	5.89 ± 0.01^c	6.03 ± 0.01^c	
		35		4.74 ± 0.01^{ab}	5.12 ± 0.59^b	5.88 ± 0.01^c	6.11 ± 0.30^c	6.69 ± 0.01^d	7.02 ± 0.52^d	
		P-value	-	0.372	0.387	0.146	0.210	< 0.001	0.080	
Coliforms	Summer	25	3.69 ± 0.01^a	3.70 ± 0.03^a	3.89 ± 0.07^a	3.82 ± 0.11^a	3.90 ± 0.05^a	4.84 ± 0.22^b	5.66 ± 0.43^c	
		35		4.05 ± 0.01^{ab}	4.44 ± 0.86^b	5.53 ± 0.24^c	5.83 ± 0.02^c	6.76 ± 0.02^d	7.34 ± 0.03^d	
		P-value	-	$< 0.001^3)$	0.383	< 0.001	< 0.001	0.004	0.021	
	Fall	25	3.38 ± 0.03^a	3.40 ± 0.04^a	3.55 ± 0.03^b	3.57 ± 0.01^b	3.68 ± 0.02^c	3.81 ± 0.01^d	3.90 ± 0.03^e	
		35		3.55 ± 0.01^{ab}	3.63 ± 0.01^{ab}	3.77 ± 0.02^b	3.83 ± 0.02^{bc}	4.08 ± 0.32^{cd}	4.20 ± 0.33^d	
		P-value	-	0.022	0.014	< 0.001	0.001	0.276	0.242	

¹⁾ Data represent mean±standard deviation (n=3)

²⁾ Means with different in the same row are significantly different at $P < 0.05$ by Duncan's multiple range test

³⁾ Paired t-test between two types of temperature values at same storage time

수준이 증가하였다. 여름과 가을철 치커리무침의 대장균수는 모두 검출 한계인 1 log CFU/g 미만이었다.

3. 저장 온도별 *E. coli* O157:H7 성장

소독 후 자른 상추와 치커리에 *E. coli* O157:H7을 접종하여 성장을 분석한 결과는 Table 3에 나타내었다. 상추무침의 초기 수준은 3.22±0.01 log CFU/g이었고, 25°C에서 저장 10시간과 12시간에 4 log CFU/g 수준(P<0.05), 24시간에 6 log CFU/g 수준으로 각각 증가하였다(P<0.05). 반면 35°C에서는 6시간에 4 log CFU/g, 8시간에 5 log CFU/g 수준이 각각 검출되었다(P<0.05). 두 저장 온도 간 *E. coli* O157:H7 수준은 8시간, 12시간, 24시간에서 유의적 차이를 나타내었다 (P<0.05).

치커리무침의 초기 수준은 3.27±0.02 log CFU/g이었다. 저장 온도 25°C에서는 1 log CFU/g 증가한 4 log 수준에 이르는데 12시간이 소요되었다(P<0.05). 그러나 35°C에서는 6시간에 5 log CFU/g 수준으로 2 log CFU/g 이상 증가하였다(P<0.05). 두 저장 온도 간 *E. coli* O157:H7 수준은 6시간 이후 유의적 차이를 보였다(P<0.05).

고찰

상추 조리과정 단계별 일반세균수는 여름철 구매 시점 상추가 7 log CFU/g 수준으로 가을철 5 log CFU/g 수준에 비해 2 log CFU/g 높았다(Fig. 2). 세척 후 감소량은 여름 약 1.5 log CFU/g, 가을에는 1 log CFU/g 미만으로 나타났고, 소독 후 감소량은 두 계절 모두 세척 시점에 비해 약 1 log CFU/g 각각 감소하여 4 log CFU/g, 3 log CFU/g 수준이었다. 절단한 상추를 양념에 무친 후 여름과 가을철 일반세균수는 5 log CFU/g, 4 log CFU/g 수준으로 각각 나타났다. 여름철 구매 시점 상추의 일반세균수는 국내외 선행연구(Maffei 등 2013; Park 등 2014)의 6~7 log CFU/g 수준과 유사하였다. 하절기의 높은 미생물 수준은 6~8월의 기온이 높고, 태풍과 집중 호우에 의해 농장에서 재배 농산물의 미생물 오염이나 유통과정의 증식에 기인한 것으로 판단된다(US Food and Drug Administration 2010). 소독에 의한 감소 효과는 구매 수준에 비해 여름 2.61 log CFU/g, 가을 2.11 log CFU/g 감소하여 상추에서 0~1.37 log CFU/g 감소하였다는 결과(Prado-Silva 등 2015)에 비해 그 효과가 높았으나 채소 내 미생물을 사멸하는데 한계를 보여주었다. 양념에 무친 후 상추 무침의 수준은 PHLS의 ‘만족(satisfactory)’ 수준인 6 log CFU/g 미만에 적합하였다.

상추무침의 대장균수는 구매 시점 상추가 여름

Table 3. Growth of *Escherichia coli* O157:H7 on lettuce and chicory stored at different temperatures. (log CFU/g)

Sample	Temp. (°C)	Time (h)									
		0	2	4	6	8	10	12	24	48	
Lettuce	25	3.22±0.01 ^{a,1,2)}	3.37±0.04 ^b	3.41±0.02 ^b	3.46±0.05 ^{bc}	3.53±0.09 ^c	4.43±0.08 ^d	4.71±0.02 ^c	6.50±0.06 ^f	6.83±0.06 ^e	
	35		3.27±0.04 ^a	3.24±0.07 ^a	4.62±0.17 ^b	5.83±0.21 ^c	6.26±0.39 ^d	6.36±0.10 ^d	7.67±0.03 ^c	-	
	P-value	-	0.022 ³⁾	0.012	0.004	<0.001	0.012	<0.001	<0.001	-	
Chicory	25	3.27±0.02 ^{a,1,2)}	3.38±0.04 ^b	3.42±0.05 ^{bc}	3.49±0.04 ^c	3.58±0.04 ^d	3.80±0.07 ^c	4.62±0.07 ^f	5.71±0.04 ^e	6.88±0.02 ^h	
	35		3.32±0.04 ^{ab}	3.55±0.08 ^b	5.40±0.37 ^c	5.59±0.07 ^c	6.59±0.07 ^d	6.77±0.18 ^d	7.61±0.03 ^c	-	
	P-value	-	0.182 ³⁾	0.074	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	-	

¹⁾ Data represent mean±standard deviation (n=3)

²⁾ Means with different in the same row are significantly different at P<0.05 by Duncan's multiple range test

³⁾ Paired t-test between two types of temperature values at same storage time

6 log CFU/g 수준으로 가을철 3 log CFU/g 수준에 비해 높았다(Fig. 2). 소독 후에는 세척 후에 비해 여름 1.67 log CFU/g, 가을 1 log CFU/g 미만 각각 감소하여 두 계절 모두 3 log CFU/g 수준으로 나타났다. 절단된 상추를 양념에 혼합한 섭취 시점의 상추무침은 두 계절 모두 3 log CFU/g 수준을 유지하였다. 여름철 구매 시점 상추의 수준은 집단급식 평균 2.0~4.3 log CFU/g(Cho & Park 2012)에 비해 다소 높았는데, 본 연구에 사용한 소매점 식재료가 집단급식보다 유통 구조가 상대적으로 복잡하고, 유통 기간이 길어 미생물의 오염이나 증식의 기회가 많은데 기인한 것으로 생각된다(Kim & Yu 2010). 상추무침 섭취 시점 대장균수의 수준은 PHLS의 ‘수용(acceptable)’ 기준인 2~4 log CFU/g에 해당되었다.

치커리무침의 조리과정 단계별 미생물 분석 결과(Fig. 3), 구매 후 일반세균수는 여름 7 log CFU/g, 가을 5 log CFU/g로 상추와 유사한 수준이었다. 이는 소독 후 각각 4 log CFU/g, 3 log CFU/g 수준으로 감소하여 상추와 유사한 소독의 한계를 나타내었다. 이러한 한계는 염소계 소독제를 단순 침지 방법으로 사용할 때 신선 채소가 움직임이 없이 고정되어 살균용액과 접촉이 어려운 취약 부분에 대한 살균 효과를 기대하기 어려운 것(Lee 등 2011)과 관련된 것일 수 있다. 가을철 구매 시점의 치커리의 일반세균수는 집단급식소에 동일 계절에 공급된 치커리 5.62 log CFU/g(Cho & Park 2012)과 유사한 결과였다. 양념 혼합을 거친 여름과 가을철 치커리무침의 일반세균수는 각각 5 log CFU/g, 4 log CFU/g 수준으로 상추무침과 유사하게 나타났으며, PHLS의 ‘만족(satisfactory)’ 기준에 해당되었다.

치커리의 대장균수는 구매 시점 여름 6 log CFU/g, 가을 3 log CFU/g 수준으로 상추와 유사하였다(Fig. 3). 여름철 치커리는 소독 후 3 log CFU/g 수준으로 나타나 구매 시점에 비해 3.38 log CFU/g 감소하였으나, 가을철에는 감소 효과가 1 log CFU/g 미만으로 극히 낮았다. 여름철 소독 후 감소 효과는 생 파슬리가 3 log CFU/g 이상 감소한 것(Karaca & Velioglu

2020)과 유사하였다. 양념 혼합 후 두 계절 모두 3 log CFU/g 수준으로 검출되어, PHLS의 ‘수용(acceptable)’ 범위인 2~4 log CFU/g에 부합하였다.

상추의 온도별 저장 후 미생물 성장을 살펴본 결과(Table 1), 일반세균수는 여름철 5 log CFU/g 수준이었으나 저장 온도별로 1 log CFU/g 수준이 증가하는데 25°C의 경우 12시간, 35°C에서는 8시간이 걸렸다. 특히 35°C에서는 10시간부터 구매 시점 수준인 7 log CFU/g으로 증가하여 PHLS의 ‘불만족’ 수준에 이르렀다. 이는 소독 후 잔존 미생물이 부적절한 환경에 노출될 때 빠르게 증식하여 세척하지 않은 원재료와 유사한 수준에 도달한다는 연구 결과(Ragaert 등 2007)를 지지하였다. 가을철 상추무침의 초기 일반세균수는 여름보다 낮은 4 log CFU/g 수준이었고, 1 log CFU/g 수준 증가에 25°C의 경우 6시간, 35°C에서는 4시간이 소요되었다. 상추무침의 대장균수는 두 계절 모두 저장 초기 3 log CFU/g 수준이었으나 약 1 log CFU/g 증가에 여름철 25°C에서는 10시간, 35°C에서는 4시간이 각각 소요되었다. 가을철의 경우 25°C 저장 시 12시간까지 동일한 수준이었고, 35°C의 경우 약 1 log CFU/g 증가에 10시간이 걸려 동일 계절에서는 저장 온도에 따른 성장 속도 차이를 보였다(Beuchat & Brackett 1990).

치커리무침을 두 온도에 저장했을 때(Table 2) 일반세균수는 1 log CFU/g 수준 증가에 여름철 25°C에서는 6시간, 35°C에서는 2시간, 가을철 25°C에서는 6시간, 35°C에서는 4시간이 소요되었다. 여름철의 경우 Park 등(2020)이 신선편의식품을 차량 트렁크 내부 온도 31.3°C에서 3시간 저장했을 때 초기 일반세균수의 수준을 유지하였다는 보고와 다른 결과를 나타내었다. 치커리무침의 대장균수는 여름과 가을철 모두 초기 수준은 약 3 log CFU/g이었던 것이 1 log CFU/g 수준 증가에 여름철 25°C에서는 10시간, 35°C에서는 2시간이 소요되었다. 가을철 25°C에서는 12시간까지 초기 수준을 유지하였으나, 1 log CFU/g 수준 증가에 35°C의 경우 10시간이 소요되었다. 이러한 성장 속도는 Lee 등(2013)이 15°C에 4 log CFU/g 수준의 방울

토마토 저장 시 대장균군은 7일간 초기 수준을 유지하였고, 1 log CFU/g 증가하는데 21일이 소요되었다고 보고한 것에 비해 빨랐는데, 이는 식품의 pH와 저장 온도에 따른 성장 속도의 차이를 보여준 것이다 (Valero 등 2003).

절단한 상추와 치커리에 *E. coli* O157:H7를 접종하여 성장 수준을 분석한 결과(Table 3), 상추무침에서 1 log CFU/g과 3 log CFU/g 수준 증가에 25°C에서는 10시간과 24시간, 35°C에서는 6시간과 10시간이 소요되어 두 저장 온도 간 큰 차이를 보였다. 치커리무침에서도 1 log CFU/g과 3 log CFU/g 수준 증가에 25°C 12시간, 48시간이 각각 소요되었고, 35°C에서는 4시간까지 초기 수준을 유지하다가 6시간에 약 2 log CFU/g 증가하였다. 25°C의 성장 속도는 동일균을 접종한 파인애플(Strawn & Danyluk 2010)보다 높고, 자른 멜론(Hoelzer 등 2012)에 비해 낮게 나타났는데, 이는 식품의 pH가 성장 속도에 영향을 주었기 때문인 것으로 생각된다(Valero 등 2003). 또한 비가열 채소 조리식품은 소독 후 저장할 경우 *E. coli* O157:H7이 식품의 자른 면에 더 쉽게 부착되므로 절단하여 저장하는 것보다 무치기 직전 절단하는 방법을 활용하는 것이 이 균의 오염이나 오염된 균의 증식을 막는데 유리할 것이다(Takeuchi & Frank 2000).

이상에서 비가열 채소 조리식품의 저장 온도별 미생물 수준은 2시간 이내의 시간 기준을 준수할 경우, PHLS의 ‘만족’ 또는 ‘수용’ 기준에 해당하므로 시간 기준의 유효성은 입증되었다. 그러나, *E. coli* O157:H7은 10~1,000개의 적은 균량으로 독소를 생성할 수 있고, 균이 처한 스트레스의 강도에 따라 독소의 생산량이 달라진다(Farrokh 등 2013). 그러므로 식재료의 재배 및 유통단계와 급식소 조리과정에서 이 균의 오염을 피해야 하며, 5°C 이하의 온도에서 보관하는 것이 바람직하다(US Food and Drug Administration 2010).

요약 및 결론

본 연구는 상추무침과 치커리무침을 대상으로 조리과정 단계와 저장 온도별로 미생물의 성장을 측정하였고, 소독된 채소에 *E. coli* O157:H7을 접종한 후 저장 온도별 성장을 관찰한 결과를 바탕으로 비가열 채소 조리공정에 대한 위생관리 기준의 유효성을 평가하였다.

1. 조리공정별 일반세균수를 분석한 결과, 상추와 치커리의 구매 시점의 일반세균수는 여름 7 log CFU/g, 가을 5 log CFU/g 수준에서 소독 후 4 log CFU/g, 3 log CFU/g 수준으로 감소하였다. 대장균군은 두 채소 모두 구매 시점에 여름 6 log CFU/g, 가을 3 log CFU/g 수준이던 것이 소독 후 두 계절 모두 3 log CFU/g 수준이 되었다. 소독한 두 채소를 양념 혼합한 후 일반세균수는 4~5 log CFU/g, 대장균군수 3 log CFU/g 수준 및 대장균 1 log CFU/g 미만으로 영국 PHLS의 기준에서 각각 ‘수용’ 이상의 수준이었고, 대장균은 식품공전의 ‘허용’ 수준에 해당하였다.
2. 자른 상추와 치커리를 양념장에 무친 후 저장 온도별 미생물의 성장 변화의 경우, 일반세균수는 여름과 가을에 4~5 log CFU/g 수준이었던 것이 약 1 log CFU/g 증가하는데 25°C에서는 6시간 이상, 35°C에서는 2시간 이상이 각각 소요되었다. 대장균군수의 경우, 여름철 두 채소류 무침의 초기 수준은 3 log CFU/g 수준에서 약 1 log CFU/g 증가에 걸린 시간이 25°C에서 두 채소무침 모두 10시간, 35°C에서 2시간 이상이 소요되었다. 여름과 가을철 두 채소무침의 대장균수는 모든 저장 온도에서 검출 한계인 1 log CFU/g 미만이었다. 이러한 결과는 두 계절 ‘불만족’ 수준이 두 채소무침에서 일반세균수는 25°C에서는 12시간까지 없었으나 35°C에서는 10시간 이상에서 나타났다. 대장균군수의 경우 ‘불만족’ 수준은 두 채소무침에 대해 여름철 25°C에서 10시간이었으나, 35°C에서 2시간 이상에서 나타났고, 가을철에는 두 채소무침 모두

25°C에서는 나타나지 않았으나, 35°C에서는 모두 10시간 이상에서 나타났다.

3. 절단된 상추와 치커리에 *E. coli* O157:H7을 접종하여 25°C와 35°C에 저장했을 때, 초기 수준은 3 log CFU/g이었다. 이러한 수준은 1 log CFU/g 증가에 25°C에서 상추무침 10시간, 치커리무침 12시간이 소요되었고, 35°C에서는 상추무침 6시간이 소요된 반면 치커리무침은 6시간에 2 log CFU/g이 증가하였다.

결론적으로 채소의 비가열 조리공정에 적용한 세척·소독의 효과와 실온 저장 시 미생물 성장 변화는 유사하였다. 채소류의 소독 효과가 낮았음에도 불구하고, 채소를 절단한 후 실온에서 2시간 이내의 한계 기준에 따라 위생관리를 하였을 때 상추무침과 치커리무침은 저장 온도에 관계없이 PHLS의 ‘만족’ 또는 ‘수용’ 수준에 해당하여 위생관리 기준의 유효성이 입증되었다. 그러나 미국 CDC에서 32°C 이상일 경우, 1시간 이내 시간 관리를 권고하므로 기후 변화에 의해 실온이 더 높을 경우 안전성이 충분히 보장되는지 실험 데이터의 확보가 필요할 것으로 판단된다. 본 연구는 지표 미생물과 *E. coli* O157:H7을 가지고 실험을 하였고, 소매 식품점에서 식재료를 구매하였으므로 집단급식소에 공급되는 식재료에 비해 높은 초기 수준을 가질 수 있다. 향후 시료를 가열하지 않고 섭취하는 다른 엽채류나 과채류로 확대하고, 다양한 미생물을 이용한 후속연구가 이루어져야 할 것이다. 연구 결과는 식품접객업소 및 집단급식소 종사원을 위한 비가열 채소 조리식품의 위생관리 기준을 정확히 준수하도록 교육 자료로 활용될 수 있을 것이다.

ORCID

김원경: <https://orcid.org/0000-0002-0760-5251>

류 경: <https://orcid.org/0000-0002-6941-3167>

REFERENCES

- Allende A, McEvoy J, Tao Y, Luo Y (2009): Antimicrobial effect of acidified sodium chlorite, sodium chlorite, sodium hypochlorite, and citric acid on *Escherichia coli* O157:H7 and natural microflora of fresh-cut cilantro. *Food Control* 20(3):230-234
- Beuchat LR, Brackett RE (1990): Survival and growth of *Listeria monocytogenes* on lettuce as influenced by shredding, chlorine treatment, modified atmosphere packaging and temperature. *J Food Sci* 55(3):755-758
- Cho SK, Park JH (2012): Microbial contamination analysis for drinking water, foodstuff, and cooked food for foodservice operation. *Korean J Food Sci Technol* 44(4):478-483
- Delaquis S, Stewart S, Cazaux S, Toivonen P (2002): Survival and growth of *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157:H7 in ready-to-eat iceberg lettuce washed in warm chlorinated water. *J Food Prot* 65(3):459-464
- Farrokh C, Jordan K, Auvray F, Glass K, Oppegaard H, Raynaud S, Thevenot D, Condron R, De Reu K, Govaris A, Heggum K, Heyndrickx M, Hummerjohann J, Lindsay D, Miszczyscha S, Moussiegt S, Verstraete K, Cerf O (2013): Review of shiga-toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) and their significance in dairy production. *Int J Food Microbiol* 162(2):190-212
- Gil MI, Selma MV, Suslow T, Jacxsens L, Uyttendaele M, Allende A (2015): Pre- and postharvest preventive measures and intervention strategies to control microbial food safety hazards of fresh leafy vegetables. *Crit Rev Food Sci Nutr* 55(4):453-468
- Gilbert RJ, de Louvois J, Donovan T, Little C, Nye K, Ribeiro CD, Richards J, Roberts D, Bolton FJ (2000): Guidelines for the microbiological quality of some ready-to-eat foods sampled at the point of sale. PHLS Advisory Committee for Food and Dairy Products. *Commun Dis Public Health* 3(3):163-167
- Hoelzer K, Pouillot R, Egan K, Dennis S (2012): Produce consumption in the United States: an analysis of consumption frequencies, serving sizes, processing forms, and high-consuming population subgroups for microbial risk assessments. *J Food Prot* 75(2):328-340
- Hong CK, Seo YH, Choi CM, Hwang IS, Kim MS (2012): Microbial quality of fresh vegetables and fruits in Seoul,

- Korea. J Food Hyg Saf 27(1):24-29
- Irlbeck E, Akers C, Baker M, Burris S, Brashears M (2014): A case study and framing analysis of the 2008 Salmonella outbreak. J Appl Commun 98(2):65-77
- Ishii S, Yan T, Vu H, Hansen DL, Hicks RE, Sadowsky MJ (2010): Factors controlling long-term survival and growth of naturalized *Escherichia coli* populations in temperate field soils. Microbes Environ 25(1):8-14
- Issa-Zacharia A, Kamitani Y, Muhimbula HS, Ndabikunze BK (2010): A review of microbiological safety of fruits and vegetables and the introduction of electrolyzed water as an alternative to sodium hypochlorite solution. Afr J Food Sci 4(13):778-789
- Karaca H, Velioglu YS (2020): Effects of ozone and chlorine washes and subsequent cold storage on microbiological quality and shelf life of fresh parsley leaves. LWT 127:109421
- Kim SH, Yu JR (2010): Analysis on food material industry in Korea. Korean J Agric Sci 37(1):161-170
- Koseki S, Itoh K (2000): Effect of acidic electrolyzed water on the microbial counts in shredded vegetables. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi 47(9):722-726
- Lee SY, Yu HY, Choi DS, Hur SJ (2013): A study on the types and growth patterns of microorganisms and quality characteristics in cherry tomatoes and head lettuces according to storage period and temperature. Korean J Food Nutr 26(4):700-705
- Lee WJ, Lee CH, Yoo JY, Kim KY, Jang KI (2011): Sterilization efficacy of washing method using based on microbubbles and electrolyzed water on various vegetables. J Korean Soc Food Sci Nutr 40(6):912-917
- Li L (2014): Modeling the growth and survival of shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) in beef. Doctoral dissertation. University of Nebraska-Lincoln. pp.2-134
- Maffei DF, de Arruda Silveira NF, Catanozi MdPLM (2013): Microbiological quality of organic and conventional vegetables sold in Brazil. Food Control 29(1):226-230
- Min JH, Lee JK, Kim HJ, Yoon KS (2016): Analysis study on the use of frequency and the cooking method of leaf and stem vegetables in high school foodservice. J Food Hyg Saf 31(4):250-257
- Ministry of Education (2016): Hygiene management guidelines for school meals. Ministry of Education. Sejong. pp.60-194
- Ministry of Food and Drug Safety (2014): HACCP management for institutional food service. Ministry of Food and Drug Safety. Cheongju. pp.15-136
- Ministry of Food and Drug Safety (2020a). Be careful of pathogenic *E. coli* during summer. Available from: https://www.mfds.go.kr/brd/m_99/view.do?seq=44347. Accessed December 13, 2020
- Ministry of Food and Drug Safety (2020b). Food Code. Available from: https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_01.jsp. Accessed January 28, 2021
- Mora A, Herrera A, López C, Dahbi G, Mamani R, Pita JM, Alonso MP, Llovo J, Bernárdez MI, Blanco JE, Blanco M, Blanco J (2011): Characteristics of the shiga-toxin-producing enteroaggregative *Escherichia coli* O104:H4 German outbreak strain and of STEC strains isolated in Spain. Int Microbiol 14(3):121-141
- Nei D, Choi JW, Bari ML, Kawasaki S, Kawamoto S, Inatsu Y (2009): Efficacy of chlorine and acidified sodium chlorite on microbial population and quality changes of spinach leaves. Foodborne Pathog Dis 6(5):541-546
- Nguyen TP, Friedrich LM, Danyluk MD (2014): Fate of *Escherichia coli* O157:H7 and Salmonella on whole strawberries and blueberries of two maturities under different storage conditions. J Food Prot 77(7):1093-1101
- Niemira BA (2007): Relative efficacy of sodium hypochlorite wash versus irradiation to inactivate *Escherichia coli* O157:H7 internalized in leaves of romaine lettuce and baby spinach. J Food Prot 70(11):2526-2532
- Park HJ, Lee JE, Kim SA, Shim WB (2020): Changes in internal and external temperature and microbiological contamination depending on consumer behavior after purchase of fresh-cut produce. J Food Hyg Saf 35(5):459-467
- Park WJ, Ryu HY, Lim GY, Lee YD, Park JH (2014): Microbial prevalence and quality of organic farm produce from various production sites. Korean J Food Sci Technol 46(2):262-267
- Prado-Silva L, Cadavez V, Gonzales-Barron U, Rezende AC, Sant'Ana AS (2015): Meta-analysis of the effects of sanitizing treatments on Salmonella, *Escherichia coli* O157:H7, and *Listeria monocytogenes* inactivation in fresh produce. Appl Environ Microbiol 81(23):8008-8021
- Ragaert P, Devlieghere F, Debevere J (2007): Role of microbiological and physiological spoilage mechanisms during storage of minimally processed vegetables. Postharvest Biol

- Technol 44(3):185-194
- Rural Development Administration (2020). Purchasing trends of processed agricultural products. Available from: <https://www.nongsaro.go.kr/portal/ps/psz/psza/contentSub.ps?menuId=PS03998&bbsId=26&pageIndex=1&pageSize=10&cntntsNo=65&searchType=title&searchText=>. Accessed December 19, 2020
- Sapers GM (2001): Efficacy of washing and sanitizing methods for disinfection of fresh fruit and vegetable products. Food Technol Biotechnol 39(4):305-311
- Singh N, Singh RK, Bhunia AK, Stroshine RL (2002): Effect of inoculation and washing methods on the efficacy of different sanitizers against *Escherichia coli* O157:H7 on lettuce. Food Microbiol 19(2-3):183-193
- Strawn LK, Danyluk MD (2010): Fate of *Escherichia coli* O157:H7 and Salmonella on fresh and frozen cut pineapples. J Food Prot 73(3):418-424
- Takeuchi K, Frank JF (2000): Penetration of *Escherichia coli* O157:H7 into lettuce tissues as affected by inoculum size and temperature and the effect of chlorine treatment on cell viability. J Food Prot 63(4):434-440
- The Korean Dietetic Association (2007): Standardized recipes for institutional foodservice. The Korean Dietetic Association. Seoul. pp.331-340
- US Centers for Disease Control and Prevention (2020). Fruit and vegetable safety. Available from: <https://www.cdc.gov/foodsafety/communication/steps-healthy-fruits-veggies.html>. Accessed December 15, 2020
- US Food and Drug Administration (1997). HACCP principles & application guidelines. Available from: <https://www.fda.gov/food/hazard-analysis-critical-control-point-haccp/haccp-principles-application-guidelines>. Accessed January 20, 2021
- US Food and Drug Administration (2010). Program information manual retail food protection: recommendations for the temperature control of cut leafy greens during storage and display in retail food establishments. Available from: <https://www.fda.gov/food/retail-food-industryregulatory-assistance-training/program-information-manual-retail-food-protection-recommendations-temperature-control-cut-leafy>. Accessed December 15, 2020
- US Food and Drug Administration (2017): Food Code 2017. College Park MD. pp.57-584.
- Valero M, Fernández PS, Salmerón MC (2003): Influence of pH and temperature on growth of *Bacillus cereus* in vegetable substrates. Int J Food Microbiol 82(1):71-79
- Van Haute S, Tryland I, Veys A, Sampers I (2015): Wash water disinfection of a full-scale leafy vegetables washing process with hydrogen peroxide and the use of a commercial metal ion mixture to improve disinfection efficiency. Food Control 50:173-183
- Yeon JH, Lee DH, Ha SD (2005): Bacteriocidal effect of calcium oxide (CaO, scallop-shell powder) on natural microflora and pathogenic bacteria in sesame leaf. Korean J Food Sci Technol 37(5):844-849
- Zeng W, Vorst K, Brown W, Marks BP, Jeong S, Pérez-Rodríguez F, Ryser ET (2014): Growth of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* in packaged fresh-cut Romaine mix at fluctuating temperatures during commercial transport, retail storage, and display. J Food Prot 77(2):197-206