

마른김(*Pyropia* spp.) 가공 공정 경과에 따른 미생물 오염도 분석

권기연 · 류대규 · 정민철 · 강은혜 · 장유미 · 권지영¹ · 김정목² · 신일식³ · 김영목*

부경대학교 식품공학과, ¹국립수산물학원, ²목포대학교 식품공학과, ³강릉원주대학교 해양식품공학과

Analysis of Microbial Contaminants and Microbial Changes during Dried-laver *Pyropia* spp. Processing

Kion Kwon, Dae-Gyu Ryu, Min-Chul Jeong, Eun-Hye Kang, Yumi Jang, Ji Young Kwon¹, Jeong-Mok Kim², Il-Shik Shin³ and Young-Mog Kim*

Department of Food Science and Technology, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

¹Food Safety and Processing Research Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea

²Department of Food Engineering, Mokpo National University, Mokpo 58554, Korea

³Department of Marine Food Science and Technology, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 25457, Korea

We investigated the levels of microbial contaminants and microbial hazards during dried-laver processing. We analyzed 321 samples obtained from 18 dried-laver *Pyropia* spp. manufacturing facilities, including water, swab-, and processing samples as well as final products. The levels of microbial contaminants, including viable cell counts (VCC) and coliform bacteria, increased as processing progressed. The sanitary indicator bacterium, *Escherichia coli*, was not detected in the final products although VCC levels were high, generally exceeding 5 log CFU/g. We also investigated changes in microbial contaminants at each processing step. Both VCC and total coliform dramatically increased after 4 days of continuous processing, indicating that microbial contaminants originated, mainly, from cross contamination during processing.

Key words: Dried-laver, Food safety, Hazard analysis, Microbial contaminants, Processing process

서론

김은 홍조류에 속하는 대표적인 식용 해조류로서 세계적으로 140여종이 알려져 있다. 김은 해태(海苔) 또는 해의(海衣)라고도 불리는데 미역 및 다시마와 함께 국내의 대표적인 해조류 중의 하나이며, 우리나라 외에도 일본, 중국, 대만 등 일부 아시아 국가에서 양식되고 있다. 국내에서 김은 12월-익년 3월에 주로 서남해안에서 양식 형태로 생산되어 주변국인 중국, 일본, 미국, 태국 등에 주로 수출되고 있으며, 주요 종은 방사무늬김(*Pyropia yezoensis* Ueda), 참김(*P. tenera* Kjellman), 모무늬돌김(*P. seriata* Kjellman), 잇바다돌김(*P. dentata* Kjellman) 등이 있다(Cho et al., 2009, Hwang et al., 2005).

김은 현재 마른김과 조미김으로 가공되어 주로 유통되고 있으며 이러한 김 가공품은 지금까지 국내 소비가 대부분이었으나 2007년 600억원, 2011년 1600억원, 2016년에는 3500억으로 매년 수출이 증대되어 16년 전체 식품 중 3번째로 높은 수출

액을 기록하였다(KTSPI, 2017). 하지만 수산물 수출산업의 중요한 품목이 된 김은 현재까지 주로 생산량 증대에만 역점을 두고 있어 생산 및 가공단계에서의 위해요소 관리가 미흡하여 위해요소에 대한 안전성 문제가 대두되고 있다. 현재, 수입국에서 안전성 문제, 즉 이물 또는 유해 미생물 등에 대해 클레임이 걸릴 경우, 물품 반송이나 폐기처분 등의 조치를 취할 수밖에 없어 막대한 재정적 손해를 받고 있다. 특히 중국으로의 수출에서 통관 거부 사례가 빈번히 발생하고 있다.

한편, 김의 식품위생안전을 위한 연구로는 Kang et al. (2015)의 조미김의 제조공정별 위해요소분석, 중요관리점 결정 및 한계기준 개발, Son et al. (2014)의 마른김 가공공정중의 미생물 위해요소 분석, Kim and Shin (2014)의 회분식 광펄스 처리에 의한 마른 김의 비가열 살균, Lee et al. (2000)의 마른김에 대한 열처리 효과와 공정 개선 실험, Kim et al. (2016)의 전자선 처리에 따른 마른 김의 미생물 저감화 효과와 저항성 세균의 동정, Lee et al. (2017)의 시판 유통 김의 미생물 오염도와 사전 살균

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2018.0008>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Korean J Fish Aquat Sci 51(1) 8-14, February 2018

Received 2 January 2018; Revised 19 January 2018; Accepted 24 January 2018

*Corresponding author: Tel: +82. 51. 629. 5832 Fax: +82. 51. 629. 5824

E-mail address: ymkim@pknu.ac.kr

처리 및 전자선 조사 여부 확인, Kim and Yoon (2013)의 조미김의 HACCP 시스템 구축을 위한 생물학적 위해도 평가 연구 등이 있다. 하지만, 이들 연구의 대부분은 유통 중인 마른김 또는 최종 김 제품을 대상으로 미생물학적 오염도 및 위해도를 낮추는데 초점을 맞추고 있다(Kim et al., 2016; Kim and Shin, 2014; Lee et al., 2000). 따라서, 김 가공 제품에 원료로서 사용되는 마른김 가공 공정 중에서의 미생물학적 오염도와 그 위해요소에 대한 연구는 상대적으로 미흡한 편이며, 특히 마른김 가공 공정 중에서 미생물학적 오염도의 변화에 대한 연구는 부족한 실정이다.

이에 본 연구에서는 생산 시기별, 지역별로 다수의 마른김 가공공장을 방문하여 마른김 가공 공정별 시료를 채취하여 가공 공정별 미생물학적 오염도의 변화를 분석하였다. 또한, 표본으로 선정된 대표 공장에서 마른김 가공 시간의 경과에 따른 미생물학적 오염도의 변화를 분석하여 마른김 가공 공정 중의 미생물학 오염도를 줄일 수 있는 기초자료를 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

가공업체 및 검체

우리나라의 대표적인 마른김 생산지인 전라남도 고흥군, 해남군-진도군, 완도군, 신안군-무안군 그리고 충청남도 서천군 등의 5구역으로 나누어 각 구역당 3개의 공장을 선정하였다. 2016년 3월과 12월, 2017년 1월 총 3번에 걸쳐 방문하여 공정별 시료, 가공 용수 및 환경 시료를 채취하였다. 이 중, 대표 공장을 선정하여 마른김 가공 시간에 따른 미생물 오염도 분석을 위해 0 h, 6 h, 12 h, 24 h, 48 h, 96 h, 144 h 그리고 240 h으로 나누어 공정별로 시료를 채취하였다. 마른김의 가공 공정 및 시료를 채취한 공정은 Fig. 1에 나타내었다. 마른김의 공정별 시료는 멸균된 시료팩(WHIRL-PAK; Nasco, Modesto, USA)에 채취하였으며, 마른김의 가공에 사용되는 용수는 멸균 채수병에 채취하였다. 또한, 마른김 제조 공정 중 직접적으로 식품에 접촉하는 기구의 표면은 Pipette Swab Plus (3M Microbiology, St. Paul, USA)를 사용하여 채취하였다(APHA, 2001). 채취한 모든 시료는 냉장 온도(4°C 이하)에서 보관하고 운반하였으며 12 h 이

내에 실험을 진행하였다.

일반세균수, 대장균군 및 대장균 분석

일반세균수, 대장균군 및 대장균의 분석은 Kwon et al. (2017)의 방법을 참고하여 식품공전(MFDS, 2016)의 일반 실험법 중 미생물시험법에 준하는 방법으로 진행하였다. 채취한 마른김 가공 공정별 시료(25 g)에 멸균된 0.85% 생리식염수 225 mL로 10배 희석 후, Stomacher (BagMixer 400VW; Interscience, Paris, France)를 이용하여 30초간 균질화 하였다. 일반세균수는 균질액 1 mL를 취하여 멸균된 0.85% 생리 식염수 9 mL에 단계별로 희석하였다. 각 단계의 희석액 1 mL를 Plate count agar (PCA; Difco Inc., Detroit, USA)에 분주하여 접종한 후, 48±2 h 동안 35±1°C에 배양한 후 생성된 집락수를 측정하였다.

대장균군 및 대장균은 최확수법으로 진행하였다. 추정시험에는 lauryl tryptose broth (LST; Difco Inc., USA)를 사용하여 35±1°C, 24-48 h 배양하였다. 추정시험에서 양성으로 판정된 시료는 확정시험을 하였으며, 대장균군 및 대장균의 확정시험에 사용된 배지는 각각 brilliant green lactose bile 2% broth (BGLB; Difco Inc., USA)와 EC broth (Difco Inc., USA)를 사용하였으며, BGLB는 35±1°C, 24-48 h, EC broth는 44.5±1°C, 24 h 배양하였다. 대장균군과 대장균에 사용된 BGLB, EC 배지가 혼탁해지거나 발효관(durham tube)에 가스가 발생한 것을 양성으로 판정하고, 이를 최확수(most probable number, MPN/100 g)로 나타내었다.

이화학적 위해요소 분석

중금속은 Son et al. (2014)의 분석 방법과 동일하게 진행하였으며, 마른김의 완제품에 한하여 납(Pb)과 카드뮴(Cd)의 함량에 대해 분석하였다. 메탄올:물(50:50, v/v) 5 mL에 마른김의 최종 완제품 0.20 g을 넣은 후 sonication tank (Powersonic 610, Hwashin Tech, Korea)에서 20분 동안 추출하였다. 추출물은 감압농축기를 사용하여 액체를 제거한 후 10 mL의 탈이온수로 다시 용해시켰다. 그리고 시료용액 1 mL를 이용하여 0.2% 질산으로 10 mL로 정용한 후 유도플라즈마 질량분석기

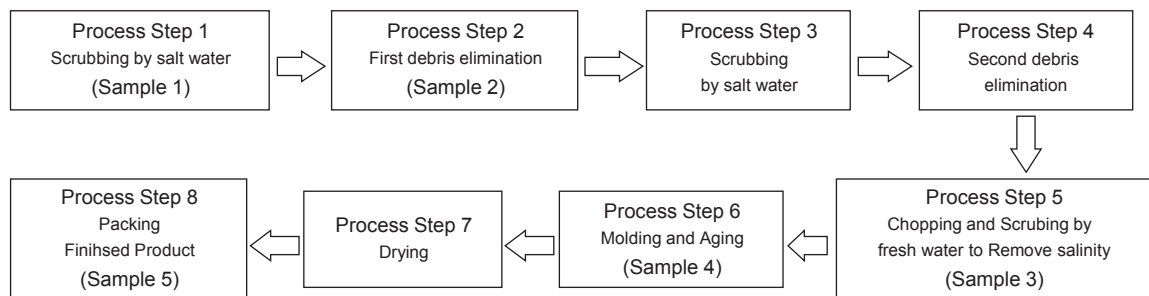


Fig. 1. Scheme of dried-laver *Pyropia* spp. processing process and sample collection in dried-laver processing facilities.

(ICP/MS, Optima 3300XL, PerkinElmer, USA)를 사용하여 분석하였다(Branch et al., 1991). 이물은 육안 검사를 통하여 최종제품에서 연질 및 경질 이물을 검사하였다.

통계분석

실험은 3회 반복하여 수행하였으며 분석 후의 결과 값은 SPSS 23.0 (SPSS Inc. Chicago, IL) 을 이용하여 분석하였다. 각 결과는 일원 분산분석(One-Way ANOVA)에 의해 유의성을 검정하였고, Duncan의 다중범위검정(Duncan's multiple range test)을 $P < 0.05$ 의 유의수준에서 평가하였다.

결과 및 고찰

시기별, 지역별 마른김 가공 공정 중의 일반세균 및 위생지표세균 위해요소 분석

생산 시기와 지역에 따른 마른김 제품의 원료부터 최종 완제품 생산까지의 공정별 일반세균수, 대장균군 및 대장균을 분석하였다(Table 1). 마른김 가공 공정별 시료의 일반세균수는 $< 2.18-8.05 \log \text{CFU/g}$, 대장균군은 $< 18-160,000 \text{ MPN/100 g}$ 의 범위로 나타났다. 대장균은 $< 18-7,000 \text{ MPN/100 g}$ 로 나타났다. 일반세균수와 대장균군은 마른김 가공 공정이 진행됨에 따라 점차적으로 증가하는 것으로 나타났으며, 특히 대부분의 최종 완제품(Sample 5)에서 $6 \log \text{CFU/g}$ 이상의 일반세균수가 검출되어 An and Lee (2000), Jo et al. (2004) 그리고 Son et al. (2014)의 연구 결과와 일치하였다. 하지만 Son et al. (2014)은 모든 마른김 가공 공정에서 대장균이 불검출 되었다고 보고하였는데, 이와 다르게 본 연구에서는 전반적으로 대장균이 검출되었다. 중국의 해조류 또는 해조류 가공품의 위생 기준(SAC, 2005)의 경우 일반세균수 $30,000 \text{ CFU/g}$ 이하 및 대장균군 30 MPN/100 g 이하로 명시되어 있으며, 대만의 즉석 섭취 식품 위생 기준(TFDA, 2013)의 경우 대장균군 $1,000 \text{ MPN/100 g}$ 이하 및 대장균 불검출로 명시되어 있다. 현재 우리나라의 경우 식품공전 중 즉석섭취·편의식품류의 경우, 일반세균수 $5 \log \text{CFU/g}$ 이하, 대장균 불검출로 명시하고 있다(MFDS, 2016).

Son et al. (2014)은 숙성 공정(Sample 4)과 최종 완제품(Sample 5)의 사이에서 $2 \log \text{CFU/g}$ 이상의 일반세균수가 증가한다고 보고 하였으며, Lee et al. (2000)은 이러한 결과가 건조 공정으로 인해 발생하는 농축 효과에 의한 것으로 보고하였다. 또한 가공에 사용되는 기구 및 설비, 가공 용수 등 마른김 가공 공정 중 발생하는 교차오염으로 인한 원인이 적지 않을 거라 판단되어 마른김 가공 공장의 가동 시간에 따른 추가적인 실험을 진행하였다.

마른김 가공 공장의 가동 시간에 따른 공정 중의 일반세균 및 위생지표세균 위해요소 분석

가동 시간에 따른 세부적인 분석을 진행하기 위해 대표 공장

을 설정한 후 마른김 가공 공장 가동 시간 경과에 따른 공정 중의 미생물학적 오염도 변화를 분석하였다(Table 2). 가동 시간에 따른 분석결과, 일반세균수는 $< 2.18-7.58 \log \text{CFU/g}$, 대장균군은 $< 18-160,000 \text{ MPN/100 g}$ 으로 나타났으며, 대장균은 $< 18-490 \text{ MPN/100 g}$ 로 나타났다.

해수 세척(Sample 1), 이물 제거(Sample 2) 그리고 절단(Sample 3)공정에서는 가동 시간의 경과에 따른 미생물학적 오염도 변화는 거의 없는 것으로 분석되어 Lee et al. (2000)의 상업적 마른김 제조 공정이나 실험실 제조과정 중 원초의 연화, 탈수, 조합과정에서 균수 변화가 없다는 보고와 일치하였다. 하지만, 이전의 공정의 결과와 달리 숙성(Sample 4)공정과 최종 완제품(Sample 5)의 경우, 공장 가동 시간의 경과에 따른 미생물학적 오염도는 꾸준히 상승하는 것으로 나타났다. 특히, 96 h 이후 일반세균수와 대장균수가 급격히 증가하였으며, 이후에도 꾸준히 유지되거나 증가하였다. 또한 일반 세균수의 경우, 초기에 생산된 완제품부터 $6 \log \text{CFU/g}$ 이상 검출되어 중국의 해조류 또는 해조류 가공품의 위생 기준을 초과하였으며 96 h 이후 일반세균수는 $7 \log \text{CFU/g}$ 이상 검출되었다. 대장균군의 경우에도 초기에 생산된 제품부터 100 MPN/100 g 이상 검출되어 중국의 해조류 또는 해조류 가공품의 위생 기준(SAC, 2005)인 30 MPN/100 g 을 초과할 뿐만 아니라, 가공 시간이 경과 할수록 증가하여 96 h 이후 $1,000 \text{ MPN/100 g}$ 이상의 대장균군이 지속적으로 검출되어 대만의 식용 해조류의 위생 기준(TFDA, 2013)을 초과하였다. 대장균의 경우는 최종 완제품 시료에서 96 h 이후 지속적으로 검출되었다.

현재 대부분의 마른김 가공 공장에서는 건조 공정 중 사용되는 스펀지는 2-3일에 한번씩 교체되고 있으며, 또한 연속적으로 진행되는 마른김 가공 공정의 특성상 설비 및 배관 등의 세척 주기가 다소 길다. 하지만 본 연구 결과, 오염된 스펀지와 절단, 숙성 설비 및 가공 용수 등 마른김 가공 공정 중 사용되는 시설, 장비 및 용수에 의해 발생하는 교차오염에 의해 가공 공정 및 시간에 따라 미생물학적 오염도가 증가하는 것으로 나타나 주기적인 관리가 필요한 것으로 생각된다. 또한 마른김 가공 시설 및 장비에 적용할 수 있는 살균소독 장치 및 세척소독제에 대한 연구가 적어 마른김 가공 현장에 적용할 수 있는 살균소독 장치 및 세척소독제의 개발과 같은 연구가 필요한 것으로 생각된다. 따라서 마른김 가공 공정 중의 교차오염에 의한 미생물학적 오염도를 낮추고 마른김의 미생물학적 품질향상을 위해 최소 96 h, 즉 4일 이내에 1회의 기구, 설비 및 배관에 세척 및 소독 등의 시설 관리를 하고 가공 공정 중의 위생 관리를 철저히 한다면 미생물학 오염도가 낮은 마른김을 생산할 수 있을 것으로 사료된다.

이화학적 요소 분석

마른김 최종 완제품에서의 중금속 함량을 분석하기 위하여 납과 카드뮴의 함량에 대하여 분석하였다(결과 미제시). 모

Table 1. Bacteriological levels on intermediates and final products obtained in the processing process of dried-laver *Pyropia* spp. products

Region	Sample period	Sample 1 (Process Step 1)			Sample 2 (Process Step 2)			Sample 3 (Process Step 5)			Sample 4 (Process Step 6)			Sample 5 (Process Step 8)		
		VCC	TC	EC	VCC	TC	EC	VCC	TC	EC	VCC	TC	EC	VCC	TC	EC
Goheung-gun	2016. 3	2.93 ±0.80 ^a	<18- 4,600	<18- 4,900	3.77 ±0.67 ^b	20-270	<18- 4,900	3.57 ±0.36 ^b	78- 54,000	<18- 1,300	5.19 ±0.23 ^c	4,300- 35,000	<18	7.87 ±0.42 ^d	7,900- 160,000	<18-330
	2017. 1	3.33 ±0.89 ^a	20-1,100	<18-20	4.04 ±0.66 ^a	20-3,300	<18-20	4.96 ±0.68 ^b	23-2,800	<18-20	5.06 ±1.10 ^b	1,700- 17,000	<18-18	8.05 ±0.47 ^c	5,200- 92,000	<18-45
	2017. 2	<2.18 ±0.00 ^a	45-330	<18-230	3.43 ±0.53 ^c	20-330	<18-330	2.49 ±0.29 ^{ab}	45-4,900	<18- 4,900	2.97 ±0.22 ^{bc}	220- 13,000	<18- 3,300	5.28 ±0.99 ^d	2,300- 33,000	<18
Wando-gun	2016. 3	<2.18 ±0.00 ^a	20-460	<18-45	3.63 ±0.88 ^b	68-490	<18-110	4.20 ±0.48 ^c	210- 4,600	<18-490	4.84 ±0.15 ^d	3,300- 54,000	<18-640	7.52 ±0.49 ^e	5,400- 160,000	<18-270
	2016. 12	2.33 ±0.21 ^a	<18-130	<18	3.21 ±0.31 ^a	140- 2,300	<18	2.83 ±0.43 ^{ab}	37-1,300	<18-20	3.17 ±0.70 ^b	170- 11,000	<18	6.77 ±0.86 ^c	790- 160,000	<18-20
	2017. 1	<2.18 ±0.00 ^a	<18-68	<18	3.69 ±1.41 ^b	170- 1,100	<18	3.48 ±0.29 ^b	20-4,900	<18	3.62 ±0.34 ^b	68-7,900	<18	7.13 ±0.39 ^c	61- 160,000	<18
Haenam & Jindo-gun	2016. 3	2.25 ±0.09 ^a	<18-490	<18-20	2.51 ±0.49 ^a	20-790	<18-20	3.11 ±0.74 ^b	33-2,800	<18-20	4.46 ±0.29 ^c	410- 92,000	<18-45	7.62 ±0.36 ^d	170- 13,000	<18
	2016. 12	2.96 ±0.61 ^a	<18-490	<18	2.96 ±0.73 ^a	<18-790	<18	2.99 ±0.29 ^a	68-2,300	<18-330	3.47 ±0.25 ^a	78- 17,000	<18-270	6.77 ±1.85 ^b	950- 160,000	<18-490
	2017. 1	2.26 ±0.13 ^a	<18-110	<18	2.20 ±0.04 ^a	<18-330	<18	2.64 ±0.35 ^a	<18-110	<18	2.81 ±0.52 ^a	20-9,500	<18	5.79 ±1.42 ^b	170- 13,000	<18
Shinan & Muan-gun	2016. 3	<2.18 ±0.00 ^a	20-110	<18-45	2.62 ±0.66 ^{ab}	<18-490	<18-45	3.21 ±0.86 ^b	78- 13,000	<18-40	4.05 ±0.77 ^c	1,300- 35,000	<18-170	7.42 ±0.58 ^d	340- 13,000	<18-78
	2016. 12	2.43 ±0.25 ^a	<18- 1,700	<18-45	4.51 ±0.32 ^b	<18- 1,400	<18-110	4.04 ±0.19 ^b	20-230	<18-20	4.56 ±0.59 ^b	20-1,300	<18	6.28 ±1.18 ^c	12-2,300	<18-20
	2017. 1	2.18 ±0.00 ^a	<18-68	<18-20	4.15 ±0.35 ^b	20-4,900	<18	3.56 ±1.06 ^b	20-490	18-20	4.07 ±0.47 ^b	45-790	<18	7.33 ±0.50 ^c	13-700	<18
Seocheon-gun	2016. 3	2.31 ±0.14 ^a	45-490	<18-490	3.78 ±0.43 ^b	20-3,300	<18-45	2.66 ±0.35 ^a	45-4,600	<18-20	5.30 ±0.29 ^c	14,000- 92,000	78-7,000	7.40 ±0.55 ^d	1,700- 160,000	45-330
	2016. 12	2.87 ±0.46 ^a	18-1,700	<18-68	2.97 ±0.56 ^a	<18- 2,200	<18-68	3.60 ±0.69 ^b	<18- 2,300	<18-170	3.88 ±0.33 ^b	120- 1,300	<18-170	7.48 ±0.67 ^c	230- 3,300	<18-490
	2017. 1	2.19 ±0.02 ^a	<18-170	<18-61	2.47 ±0.38 ^a	18-460	<18-20	2.70 ±0.46 ^{ab}	<18- 3,300	<18-700	3.18 ±0.42 ^b	<18- 1,300	<18-220	6.06 ±0.97 ^c	490- 2,300	<18-200

VCC, viable cell counts (unit; log CFU/g); TC, total coliform (MPN/100 g); EC, *Escherichia coli* (MPN/100 g). P<0.05.

Table 2. Bacteriological contaminant levels in intermediates and final products depending on the processing time in dried-laver *Pyropia* spp. processing process

Operating Time (Hour)	Sample 1 (Process Step 1)			Sample 2 (Process Step 2)			Sample 3 (Process Step 5)			Sample 4 (Process Step 6)			Sample 5 (Process Step 8)		
	VCC	CG	EC	VCC	CG	EC	VCC	CG	EC	VCC	CG	EC	VCC	CG	EC
0 h	2.50 ±0.31 ^b	45	45	3.78 ±0.01 ^c	<18-130	<18-45	<2.18 ±0.00 ^a	45-130	<18	<2.18 ±0.00 ^a	78-130	<18-45	5.25 ±0.04 ^d	170-2300	<18
6 h	2.35 ±0.14 ^a	<18	<18	4.15 ±0.10 ^d	<18-230	<18-20	2.91 ±0.05 ^b	45-78	<18	3.27 ±0.09 ^c	130-260	<18-45	6.08 ±0.05 ^e	620-810	<18-20
12 h	2.22 ±0.02 ^a	<18	<18	3.16 ±0.10 ^c	20-68	<18	2.91 ±0.03 ^b	20-45	<18	2.98 ±0.07 ^b	78-310	<18-20	5.27 ±0.05 ^d	720- 4,000	<18-78
24 h	<2.18 ±0.00 ^a	<18	<18	3.72 ±0.04 ^c	20-68	<18	2.80 ±0.12 ^b	45-130	<18-200	2.95 ±0.13 ^b	170-490	20-45	5.56 ±0.41 ^d	330-950	18-45
48 h	<2.18 ±0.00 ^a	<18	<18	3.05 ±0.05 ^d	<18-20	<18	2.53 ±0.06 ^b	<18-20	<18-20	2.79 ±0.12 ^c	150-700	<18-20	5.86 ±0.10 ^e	270- 1,100	<18-20
96 h	<2.18 ±0.00 ^a	<18	<18	3.50 ±0.12 ^b	37-93	<18	3.49 ±0.07 ^b	<18-45	<18-18	4.14 ±0.01 ^c	1,100- 13,000	<18	6.68 ±0.26 ^d	1,300- 4,300	20
144 h	4.57 ±0.12 ^c	<18	<18	3.09 ±0.09 ^b	61-140	<18	2.41 ±0.07 ^a	<18	<18	3.20 ±0.07 ^b	4,300- 14,000	<18	7.02 ±0.09 ^d	2,400- 4,900	<18-20
240 h	<2.18 ±0.00 ^a	<18	<18	2.59 ±0.41 ^b	<18-20	<18	3.38 ±0.14 ^c	2,200- 54,000	13-330	3.63 ±0.08 ^c	4,900- 92,000	230-270	7.56 ±0.04 ^d	28,000- 160,000	330-490

VCC, viable cell counts (unit; log CFU/g); CG, Coliform group (MPN/100 g); EC, *Escherichia coli* (MPN/100 g). P<0.05.

든 마른김 최종 완제품에서 납은 0.35-0.54 mg/kg, 카드뮴은 0.76-1.67 mg/kg으로 분석되었다. 우리나라 식품공전(MFDS, 2016)에서는 김(조미김 포함)의 중금속 기준은 카드뮴 0.30 mg/kg이하(생물 기준)로 설정되어 있다. 하지만 마른김의 경우 건조과정으로 인하여 10배 이상 농축되므로 수분함량을 고려하여 적용할 경우 기준을 초과하는 시료는 없었다. 이러한 결과는 Yang et al. (2013)의 우리나라 연안에서 생산된 미가공 김과 가공 김의 중금속 함량을 분석한 연구 결과와 유사한 것으로 나타났다. 또한 최종 완제품 중의 이물 또한 검출되지 않았다. 마른김의 최종 완제품 중 해조류의 중금속 기준을 초과하는 시료는 없었지만, 중금속의 경우 가공 공정 중 제거가 불가능하기 때문에 철저한 원료 관리가 필요한 것으로 생각된다.

본 연구에서는 마른김의 식품위생안전성 확보를 위해 시기별, 지역별로 원료에서부터 최종 완제품에 이르는 마른김 가공 공정 전반의 일반세균수, 대장균군, 대장균 등의 미생물학적 위해요소를 분석하였다. 이를 위해 주요 마른김 생산지 5 지역의 마른김 가공업체 15곳을 방문하고 각 가공 공정별 시료, 가공 용수 및 환경 분석 시료를 채취하였으며, 미생물학적 및 이화학적 위해요소를 분석하였다. 일반세균수등의 미생물학적 오염도는 공정이 진행됨에 따라 증가하였으며, 특히 숙성 공정과 최종 완제품에서 다소 높게 검출되었다. 중금속 등의 이화학적 위해요소의 경우 모든 마른김 최종 완제품에서 식품공전의 식품 기준 및 규격(MFDS, 2016)을 충족하는 것으로 나타났다.

이후 마른김 공장 가동 시간에 따른 미생물학적 오염도 변화를 분석하였다. 그 결과 초기 최종 완제품에서 6 log CFU/g 이상이 검출되었으며, 공장 가동 시간에 따라 오염도가 증가하였으며, 특히 96 h 이후 일반세균수등의 미생물학적 오염도가 높은 것으로 분석되었다. 이와 같이 마른김의 미생물학적 위해요소를 줄이기 위해서는 마른김 가공 공정 중에 사용되는 기구 및 설비 등은 최소 96 h, 즉 4일 이내에 1회 이상의 세척 및 소독 관리가 필요하다고 판단된다.

사 사

이 논문은 2016년도 식품의약품안전처에서 시행한 용역연구 개발과제의 연구개발비 지원(16162수산물601)과 국립수산물학원의 연구비(R2018056) 지원에 의해 수행 되었습니다.

References

An AK and Lee HS. 2000, A simulation study on microbiological evaluation of Kimbap manufacturing process in summer and winter. Korean J Community Nutr 5, 333-342.
 APHA (American public health association). 2001. Compendium of methods for the microbiological examination of foods (4th Ed), American public health association, Washington D.C., U.S.A., 26-35.
 Branch S, Ebdon L, Ford M, Foulkes M and O'Neill P. 1991.

Determination of arsenic in samples with high chloride content by inductively coupled plasma mass spectrometry. J Anal At Spectrom 6, 151-154. <https://doi.org/10.1039/ja9910600151>.
 Cho SM, Kim BM, Han KJ, Seo HY, Han Yuna, Yang EH and Kim DS. 2009. Current status of the domestic processed laver market and manufacturers. Food Sci Indust 42, 57-70.
 Hwang MS, Kim SM, Ha DS, Baek JM, Kim HS and Choi HG. 2005. DNA sequences and identification of *Porphyra* cultivated by natural seeding on the southwest coast of Korea. Algae 20, 183-196. <https://doi.org/10.4490/algae.2005.20.3.183>.
 Jo CU, Lee NY, Hong SP, Kim YH and Byun MW. 2004. Microbial contamination of the food materials for manufacturing Korean laver roll (*Kimbab*) and the effect of gamma irradiation. J Food Sci Nutr 9, 236-239. <https://doi.org/10.3746/jfn.2004.9.3.236>.
 Kang MJ, Lee HT and Kim JY. 2015. Hazard analysis, determination of critical control Points, and establishment of critical limits for seasoned laver. Korean J Culinary Research 21, 1-10. <https://doi.org/10.20878/cshr.2015.21.2.001>.
 Kim AJ and Shin JK. 2014. Nonthermal sterilization of dried laver by intense pulsed light with batch system. Korean J Food Sci Technol 46, 778-781. <http://dx.doi.org/10.9721/KJFST.2014.46.6.778>.
 Kim KY and Yoon SY. 2013. A study on microbiological risk assessment for the HACCP system construction of seasoned laver. J Environ Health Sci 39, 267-277. <http://dx.doi.org/10.5668/JEHS.2013.39.3.267>.
 Kim YJ, Oh HS, Kim MJ, Kim JH, Goh JB, Choi IY and Park MK. 2016. Identification of electron beam-resistant bacteria in the microbial reduction of dried laver (*Porphyra tenera*) subjected to electron beam treatment. Korean J Food Preserv 23, 139-143. <http://dx.doi.org/10.11002/kjfp.2016.23.1.139>.
 KTSP (Korea Trade Statistics Promotion Institute). 2017. Trade Statistics Service. Retrieved from http://www.trass.or.kr/service/statistic/StatisticsViewServlet?main_Service_URL=P02M02D010 on Jun 25, 2017.
 Kwon Kion, Ryu DG, Jeong MC, Kang EH, Shin IS and Kim YM. 2017. Microbiological and physicochemical hazard analysis in processing process of Simple-Processed Shellfish Products. Korean J Fish Aquat Sci 50, 352-358. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0352>.
 Lee EJ, Kim GR, Lee HJ and Kwon JH. 2017. Monitoring microbiological contamination, pre-decontamination, and irradiation status of commercial dried laver (*Porphyra* sp.) products. Korean J Food sci Technol 49, 20-27. <https://doi.org/10.9721/KJFST.2017.49.1.20>.
 Lee TS, Lee HJ, Byun HS, Kim JH, Park MJ, Park HY and Jung KJ. 2000. Effect of heat treatment in dried lavers and modified processing. Fish Aquat Sci 33, 529-532.

- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2016. Korean Food Standards Codex. Retrieved from http://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_01.jsp on Jun 17, 2017.
- Son KT, Thea Lach, Jung Y, Kang SK, Eom SH, Lee DS, Lee MS and Kim YM. 2014. Food hazard analysis during dried-laver processing. *Fish Aquat Sci* 17, 197-201. <https://doi.org/10.5657/fas.2014.0197>.
- SAC (Standardization Administration of Committee). 2005. National Standard of the People's Republic of China. GB 19643-2005. In: Hygienic standard for marine algae and algae Products. Retrieved from <https://www.chinesestandard.net/PDF-Excerpt/ShowPDFExcerpt.aspx?ExcerptID=GB%2019643-2005> on Oct 10, 2017.
- TFDA (Taiwan food and drug administration). 2013. Sanitation standard for ready-to-eat (RTE) foods. <https://www.fda.gov.tw/en/lawContent.aspx?cid=16&id=531> Oct 28, 2017.
- Yang WH, Lee HJ, Lee SY, Kim SG and Kim GB. 2016. Heavy Metal Contents and Food Safety Assessment of Processed Seaweeds and Cultured Lavers. *J Korean Soc Mar. Environ Energy* 19, 203-210. <http://dx.doi.org/10.7846/JKOS-MEE.2016.19.3.203>.