



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

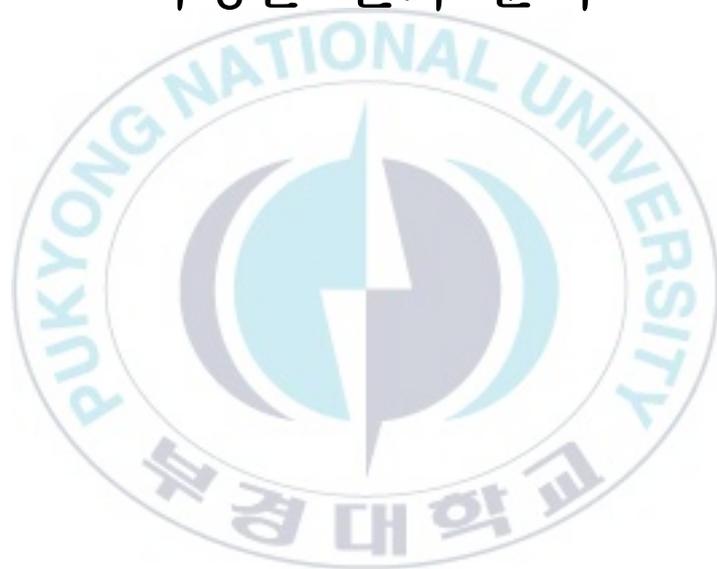
저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학 석사 학위 논문

마른김의 가공공정 중 미생물학적  
위해요소 모니터링 및  
미생물 변화 분석



2018년 2월

부경대학교 대학원

식품공학과

권기연

공학 석사 학위 논문

마른김의 가공공정 중 미생물학적  
위해요소 모니터링 및  
미생물 변화 분석

지도교수 김 영 목

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함

2018년 2월

부경대학교 대학원

식품공학과

권기언

권기언의 공학석사 학위논문을  
인준함.

2018년 2월 23일



위원장 농학박사 양지영 (인)

위 원 이학박사 이양봉 (인)

위 원 약학박사 김영목 (인)



# 목 차

목 차.....	
<b>ABSTRACT .....</b>	
. 서 론.....	1
. 재료 및 방법.....	4
1. 실험재료.....	4
1.1 가공 업체 선정.....	4
1.2 가공 공정 분석.....	5
1.3 배지 및 균주.....	5
2. 실험방법 .....	7
2.1 공정별 시료 채취.....	7
2.2 일반세균수, 대장균군 및 대장균 분석.....	7
2.3 이화학적 위해요소 분석 .....	8
2.4 저감화 실험 방법.....	9
2.4.1 NaClO 및 초음파 처리 장치 .....	9
2.4.2 NaClO 및 초음파 처리 시료 분석.....	9
2.4.3 색도 분석 .....	10

2.5 통계 분석.....	10
<b>결과 및 고찰.....</b>	<b>11</b>
1. 마른김 가공 공정 중의 위해요소 분석 .....	11
1.1 고흥군 마른김 가공 공장 분석 .....	11
1.2 완도군 마른김 가공 공장 분석 .....	15
1.3 해남/진도군 마른김 가공 공장 분석.....	19
1.4 신안/무안군 마른김 가공 공장 분석.....	23
1.5 서천군 마른김 가공 공장 분석 .....	23
2. 마른김의 중금속 및 이물 분석 .....	32
3. 마른김 공장 가동 시간 경과에 따른 공정별 미생물학적 오염도 분석 .....	33
4. 마른김 가공 공정 중의 NaClO와 초음파 살균.....	36
. 요약.....	39
. 참고문헌 .....	41

Microbial Hazard Analysis and Microbial Changes in Processing of Dried-laver  
Manufacturing Facilities

Kion Kwon

Department of Food Science and Technology, Graduate School,  
Pukyong National University

**Abstract**

Processed-laver products are one of major fisheries product, especially for export. However, there is an issue related with microbial contamination in the processed product of dried laver which is been used for exporting. The current study was conducted to analyze the levels of microbial contaminants and to evaluate the microbial hazard during dried-laver processing process. Total 321 samples were analyzed which are obtained from 18 of dried-laver processing facilities. Samples include water, swab samples, processing samples and final product. The levels of microbial contamination including viable cell counts (VCC) and coliform groups increased as the process progressed. VCC was determined at high levels with mostly exceeding 5 log CFU/g. In addition, the levels of VCC and coliform group dramatically increased after 4 day of continuous processing, suggesting that the microbial contaminants mainly originated from cross contamination during the process. For heavy metal content, lead ranged from 0.35 to 0.54 mg/kg, and cadmium 0.76 to 1.67 mg/kg dry mass in all finished products. And this study also investigated the effect of NaClO and ultrasonication treatment on the microbial reduction of dried laver

during aging process. Compared to the control, there was no change after NaClO and ultrasonication treatments. Thus, the results suggest that it needs for regular cleaning and disinfection to improve the safety of dried-laver during the processs.



# I. 서론

김(*Porphyra tenera*)은 홍조식물로 홍조강(紅藻綱) 원시홍조아강(原始紅藻亞綱), 김목(目) 김과(科)에 속하는 해조류로서 세계적으로 140여종이 있으며, 주요 종은 방사무늬김(*P. yezoensis Ueda*), 참김(*P. tenera Kjellman*), 모무늬돌김(*P. seriataKjellman*), 잇바디돌김(*P. dentata Kjellman*) 등이 있다. 미역, 다시마와 함께 우리나라의 대표적인 해조류 중의 하나인 김은 해태(海苔) 또는 해의(海衣)라고도 불렸으며, 1650년경 조선시대(인조) 김여익에 의해 광양에서 처음으로 양식되었다. 현재는 우리나라 외에도 일본, 중국, 대만 등 일부 아시아 국가에서 양식되고 있으며, 우리나라의 경우, 주로 12월-익년 3월에 서남해안에서 양식 형태로 생산되어 주변국인 일본, 미국, 태국에 주로 수출되고 있다(Cho et al., 2009, Hwang et al., 2005).

김은 주로 마른김과 조미김으로 가공되며, 김스낵, 김부각 등 다양한 가공품으로도 유통되고 있다. 이러한 김 가공품은 현재까지 국내소비가 대부분이었으나, 2007년 600억원, 2011년 1600억원, 2016년에는 3500억으로 매년 수출이 증대되었으며, 특히 2016년 수출된 전체 식품 중 3번째로 높은 수출액을 기록하였다(KTSPI, 2016). 이와 같이 김은 수산물 수출산업의 중요한 품목이지만, 현재까지 생산량 증대에만 역점을 두고 있었기 때문에 생산 및 가공단계에서의 미생물학적 위해요소 관리가 미흡하여 이에 대한 안전성 문제가 대두되고 있다. 최근 들어 선진국에서는 김을 포함한 수산물이나 수산가공 식품의 안전성에 대한 수입규제를 강화하고 있으며, 이러한

안전성 문제, 즉 이물 또는 유해 미생물 등에 대한 클레임이 수입국에서 발생할 경우, 물품 반송이나 폐기처분 등의 조치를 취할 수밖에 없어 막대한 재정적 손해를 받는다(Kim et al. 2016).

한편, 김의 위생 안전을 위한 연구로는 조미김의 제조공정별 위해요소를 분석하고 이를 바탕으로 중요관리점을 결정 후 한계기준 개발 연구(Kang et al., 2015), 마른김 제조공정별 위해 요소 분석 연구(Son et al., 2014), 마른 김 완제품에의 비가열 살균 기술인 회분식 광펄스 처리 연구(Kim and Shin, 2014), 마른김에 대한 열처리, UV 처리와 정치형 건조기를 사용한 가공 공정 개선 실험 연구(Lee et al., 2000), 전자선 처리에 따른 마른김(*Porphyra tenera*)의 미생물 저감화 효과와 *Micrococcus flavus* 등의 저항성 세균의 동정 연구(Kim et al., 2016), 유통 중인 마른김 및 가공 김의 미생물 오염도 분석 후, DEFT/APC를 이용한 사전 살균처리 및 광자극발광분석(PSL), 열발광 분석(TL)을 이용한 전자선 조사 여부 확인 연구(Lee et al., 2017), 조미김의 HACCP 시스템 구축을 위한 생물학적 위해도 평가 연구(Kim and Yoon, 2013) 등이 있다. 하지만 김의 식품위생안전성에 관련된 연구는 미생물학적 오염 및 잔류 중금속 등에 대한 단편적인 내용과 마른김 완제품에 대한 저감화 연구가 이루어지고 있고 실제 현장에 적용할 수 있는 가공 공정 중의 미생물 저감화를 위한 연구는 부족한 실정이다.

이에 본 연구에서는 마른김 공장을 시기별, 지역별로 방문하여 공정별 시료를 채취하였다. 또한, 대표 공장을 설정, 방문하여 공장 가동시간에 따른 미생물학적 위해요소를 분석하였으며, 오염도가 높은 마른김 가공 공정

에 적용 가능한 저감화 실험을 진행함으로써 보다 실용적이며 현실적인 위생시스템을 구축하고 소비자뿐만 아니라 마른김 수출을 위해 보다 안전한 마른김을 제공할 수 있는 기초를 마련하고자 하였다.



## II. 재료 및 방법

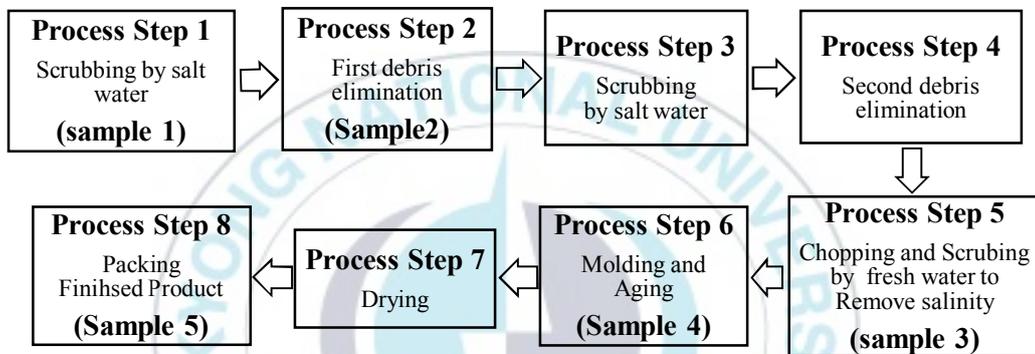
### 1. 실험재료

#### 1.1 가공업체 선정

2015 년 조사된 마른김 생산량을 보면, 전라남도의 경우는 생산량 10,036 만속으로 점유율 78.5%를 나타냈으며, 충청남도의 경우는 생산량 1,041 만속으로 점유율 8.1%, 전라북도 생산량 666 만속으로 점유율 5.2%, 경기도 563 만속, 부산 477 만속으로 나타났다(KMI, 2015). 이에 따라, 생산량이 가장 높은 전라남도의 고흥군, 해남군, 진도군, 완도군, 신안군, 무안군 6 개 지역을 선정하였고, 두 번째로 생산량이 높은 충청남도의 경우, 도내 생산량이 가장 많은 서천군 선정하였다. 이후 전라남도 고흥군, 해남-진도군, 완도군, 신안-무안군, 충청남도 서천군 등 5 개 구역으로 나누었으며, 각 구역당 3 개의 공장을 선별하였으며, 이후 진도군 소재의 마른김 가공 공장을 가동시간에 따른 미생물의 변화 분석을 위한 대표 공장으로 선정하였다.

## 1.2 가공공정 분석

마른김의 가공 공정 및 시료를 채취한 공정은 Son et al. (2014)의 마른김 가공 도식 및 시료 채취 공정을 참조하여 물김 세척, 이물질 제거, 절단 및 세척, 조합 및 숙성, 최종 완제품 등 5 단계의 가공 공정에 대해 분석을 진행하였다(Fig. 1).



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

## 1.3 배지 및 균주

본 연구에서는 일반세균수 측정을 위해 plate count agar (PCA; Difco Inc., Detroit, MI)를 사용하였으며, 대장균군 및 대장균의 분석 방법인 최확수법(MPN; most probable number)을 위해 추정시험에는 lauryl tryptose broth (LST; Difco Inc.)를 사용하였고 이후 확정시험의 경우 각각 brilliant green lactose bile 2% broth (BGLB; Difco Inc.)와 EC broth (Difco Inc.)를 사용하였다.

NaClO 및 초음파 병행 처리에 의한 저감화 분석을 위해 위생지표세균 *Escherichia coli* 와 *Staphylococcus aureus* 의 표준 균주인 *E. coli* KCTC 1682 와 *S. aureus* KCTC 1927 을 KCTC 미생물자원센터(Korean Collection for Type Cultures, Daejeon, Korea)에서 분양 받아 사용하였다. 세균의 증균 배양을 위해 trypsin soybean broth (TSB; Difco Inc.)를 사용하였다.



## 2. 실험 방법

### 2.1 공정별 시료 채취

2016 년 3 월과 12 월, 2017 년 1 월등 총 3 번에 걸쳐 5 개 구역별 3 개 공장을 방문하였으며, 앞서 선정된 5 단계의 공정별 시료 및 가공 용수, 환경 시료를 채취하였다. 또한 공장 가동 시간에 따른 미생물의 변화 분석을 위한 시료의 경우, 대표 공장을 방문하여 공장의 가동 시간에 따라 0 h, 6 h, 12 h, 24 h, 48 h, 96 h, 144 h 그리고 240 h 으로 나누어 공정별로 시료를 채취하였다. 마른김의 공정별 시료는 멸균된 시료팩 (WHIRL-PAK, Nasco, Modesto, CA.)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., MN)를 사용하여 채취하였다(APHA, 2001). 채취한 모든 시료는 냉장 온도(4 이하)에서 보관하고 운반하였으며, 12 h 이내에 실험을 진행하였다.

### 2.2 일반세균수, 대장균군 및 대장균 분석

일반세균수, 대장균군 및 대장균의 분석은 식품공전(MFDS, 2016)의 일반실험법 중 미생물 시험법을 따라 진행하였다. 채취한 마른김 가공 공정별 시료(25 g)에 멸균된 0.85% 생리식염수 225 mL 로 10 배 희석한 후, Stomacher (BagMixer 400VW, Interscience, Paris, France)를 이용하여 30 초간

균질화하였다. 일반세균수는 균질액 1 mL를 취하여 멸균된 0.85% 생리 식염수 9 mL에 단계별로 희석한다. 각 단계의 희석액 1 mL를 PCA에 분주하여 접종한 후, 48±2 h 동안 35±1 °C에 배양한 후 생성된 집락수를 측정하였다.

대장균군 및 대장균은 최확수법으로 진행하였다. 추정시험에는 LST를 사용하여 35±1 °C, 24-48 h 배양하였다. 추정시험에서 양성으로 판정된 시료는 확정시험을 하였으며, 대장균군 및 대장균의 확정시험에 사용된 배지는 각각 BGLB와 EC broth를 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 MPN (MPN/100 g)으로 나타내었다.

### 2.3 이화학적 위해요소 분석

중금속은 마른김의 완제품에 한하여 납(Pb)과 카드뮴(Cd)의 함량에 대해 분석하였다. 메탄올:물 (50:50 v/v) 5 mL에 마른김의 최종 완제품 0.2 g을 넣은 후 sonication tank (Powersonic 610, Hwashin Tech, Korea)에서 20 분 동안 추출하였다. 추출물은 거의 완전히 건조시킨 후 10 mL의 탈이온수에 다시 용해시켰다. 용해된 시료는 일회용 0.45 µm 필터로 여과 하고 1 mL를 제거하였으며, 그 후 인듐을 첨가, 2% 질산으로 10 mL로 만들었다 (Branch et al., 1991). 시료 분석은 부경대학교 부경푸드바이오센터에 의뢰하여 유도플라스마 질량분석기 (ICP/MS, Optima 3300XL, PerkinElmer, California)를

이용하여 분석을 진행하였다. 이물은 육안 검사를 통하여 최종제품에서 연질 및 경질 이물을 검사하였다.

## 2.4 저감화 실험 방법

### 2.4.1 NaClO 및 초음파 처리 장치

종균 배양을 위해 *E. coli* KCTC 1682와 *S. aureus* KCTC 1927를 TSB를 사용하여 37°C에서 18-24시간 배양하였다. 실험에 사용된 물김은 전라남도 고흥군 도화면 발포리에서 구매하여 -70°C에 저장하였다. 실온에서 해동된 김은 멸균된 blender에 김 원초 200 g과 멸균된 증류수 300 mL을 넣고, 균수가  $10^6$ - $10^7$  CFU/g이 되도록 각각의 균주 배양액을 접종 후 2분간 균질화 하였다. 차아염소산나트륨(NaClO)과 초음파의 병용처리를 위해 균질화한 시료를 멸균된 비커에 담고 12% NaClO 용액(Shimadzu Co., Kyoto, Japan)을 50, 100, 150 그리고 200 ppm 농도가 되도록 주입하였다. 그 후 균질화 된 물김 시료 100 g을 100 mL 비커에 넣고 sonication tank에서 60분 동안 40 Hz의 강도로 초음파 처리 하였다.

### 2.4.2 NaClO 및 초음파 처리 시료 분석

일반세균수, 대장균군 및 대장균의 분석방법과 같이 NaClO 및 초음파 처리된 시료(25 g)에 멸균된 0.85% 생리식염수 225 mL로 10 배 희석한 후에, Stomacher 를 이용하여 30 초간 균질화 하였으며, 균주에 따라 각각 3M™

Petrifilm™ E. coli/Coliform Count Plates (3M, St. Paul., MN)와 3M™ Petrifilm™ Staph Express Count Plates (3M)를 사용하여 37 에서 48 시간 동안 배양하였다.

### 2.4.3 색도 분석

색도 분석 방법의 경우, 처리된 시료 (3 g)을 Petri dish (20 x 12 mm)에 넣고 color difference meter (UltraScan®PRO, Hunter Lab, Reston, VA)를 사용하여 색도를 측정하였다. 색도는 'L' (명도), 'a' (붉음 +, 초록 -) 및 'b' (노랑 +, 푸름 -)으로 나타냈다. 표준판(standard plate)에서 'L'은 97.47, 'a'는 -0.22, 'b'는 0.01 이었다. 색도는 SAS (Version8.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)의 ANOVA procedure 로 분석되었다.

### 2.5 통계 분석

실험은 3 회 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, Duncan 의 다중범위검정(Duncan's multiple range test)을  $P < 0.05$  의 유의수준에서 평가하였다.

### Ⅲ. 결과 및 고찰

#### 1. 마른김 가공 공정 중의 위해요소 분석

##### 1.1 고흥군 마른김 가공 공장 분석

고흥군 소재의 마른김 가공 공장 3 곳을 선정하고 2016 년 3 월, 2017 년 1 월과 2 월, 총 3 차례 방문하여 원료부터 최종 완제품 생산까지의 공정별 시료 (Table 1)와 마른김 가공에 사용되는 용수 (Table 2 & Table 3)에 대해 일반세균수, 대장균군 및 대장균을 분석하였다. 고흥군의 마른김 가공 공장에서 채취한 공정별 시료에서 일반세균수는  $<2.18-8.23 \log \text{ CFU/g}$ , 대장균군은  $<18-160,000 \text{ MPN/100g}$  였으며 대장균은  $<18-4,900 \text{ MPN/100g}$  으로 나타났다.

시료 채취 시기별 분석 결과, 공정별 시료 및 가공용수 모두 2016 년 3 월과 2017 년 1 월의 일반세균수 및 대장균군의 경우 유사한 결과를 나타내었지만, 2017 년 2 월의 경우 앞서의 결과에 비해 감소하였다. 이는 기온이 떨어짐에 따라 미생물의 생육 저하로 인한 결과로 생각된다.

하지만, 시료를 채취한 시기에 관계없이 가공 공정이 진행됨에 따라 일반세균수, 대장균군 및 대장균 모두 증가하였으며, 특히, Sample 4 (숙성

**Table 1. Bacteriological levels of intermediate and final products obtained from the process of dried laver products in Goheung**

Factory	Month	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
A	2016. 3	3.97 ±0.06 <sup>a</sup>	3,100~ 4,600	490~ 790	3.90 ±0.10 <sup>a</sup>	4,900~ 7,900	<18~ 270	3.97 ±0.25 <sup>a</sup>	1,300~ 2,300	490~ 1,300	5.00 ±0.10 <sup>b</sup>	5,400~ 54,000	<18	8.23 ±0.23 <sup>c</sup>	7,900~ 17,000	140~ 330
	2017. 1	2.73 ±0.11 <sup>a</sup>	20~ 130	<18	3.50 ±0.50 <sup>b</sup>	20~ 78	<18~ 20	5.05 ±0.07 <sup>c</sup>	640~ 2,800	<18	5.80 ±0.00 <sup>d</sup>	24,000 ~ 54,000	<18	7.97 ±0.06 <sup>e</sup>	5,200~ 92,000	<18
	2017. 2	<2.18 ±0.00 <sup>a</sup>	45~ 130	<18~ 230	3.97 ±0.21 <sup>c</sup>	330	<18~ 330	2.63 ±0.25 <sup>b</sup>	210~ 2,300	<18~ 1,300	2.93 ±0.25 <sup>b</sup>	3,300~ 13,000	170~ 3,300	5.07 ±0.15 <sup>d</sup>	7,900~ 33,000	<18
B	2016. 3	<2.18 ±0.00 <sup>a</sup>	<18~ 20	<18	2.75 ±0.07 <sup>b</sup>	230~ 4,900	<18	3.40 ±0.08 <sup>c</sup>	78~ 170	<18	5.23 ±0.15 <sup>d</sup>	4,300~ 92,000	<18	7.42 ±0.21 <sup>e</sup>	22,000~ 160,000	<18
	2017. 1	4.47 ±0.40 <sup>a</sup>	170~ 1,100	<18~ 20	4.30 ±0.40 <sup>a</sup>	790~ 2,200	<18~ 20	5.67 ±0.06 <sup>b</sup>	23~ 490	<18	5.80 ±0.00 <sup>b</sup>	1,700~ 3,300	<18	8.63 ±0.06 <sup>c</sup>	35,000~ 92,000	<18
	2017. 2	<2.18 ±0.00 <sup>a</sup>	78~ 330	<18~ 40	3.50 ±0.30 <sup>c</sup>	68~ 330	<18~ 270	<2.18 ±0.00 <sup>a</sup>	45~ 230	<18~ 45	2.80 ±0.10 <sup>b</sup>	220~ 790	<18~ 68	6.32 ±0.26 <sup>c</sup>	4,900~ 13,000	<18
C	2016. 3	2.63 ±0.15 <sup>a</sup>	<18~ 78	<18	4.33 ±0.15 <sup>c</sup>	20~ 170	<18~ 45	3.27 ±0.11 <sup>b</sup>	11,000~ 54,000	<18~ 78	5.33 ±0.30 <sup>c</sup>	8,100~ 35,000	<18	8.10 ±0.10 <sup>d</sup>	35,000~ 92,000	<18~ 40
	2017. 1	2.80 ±0.36 <sup>a</sup>	110~ 790	<18~ 20	4.80 ±0.14 <sup>d</sup>	470~ 3,300	<18~ 20	4.20 ±0.00 <sup>c</sup>	490~ 2,800	<18~ 20	3.60 ±0.20 <sup>b</sup>	4,900~ 13,000	<18	7.57 ±0.15 <sup>e</sup>	5,200~ 17,000	<18
	2017. 2	<2.18 ±0.00 <sup>a</sup>	170~ 230	45~ 170	2.83 ±0.21 <sup>bc</sup>	20~ 230	20~ 230	2.63 ±0.32 <sup>b</sup>	790~ 4,900	55~ 4,900	3.17 ±0.11 <sup>c</sup>	230~ 640	<18	4.10 ±0.17 <sup>d</sup>	2,300~ 13,000	<18

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

**Table 2. Bacteriological levels of seawater used in the process of dried laver products in Goheung**

<b>Factory</b>	<b>Month</b>	<b>Degree (°C)</b>	<b>pH</b>	<b>Salinity (‰)</b>	<b>DO (mg/mL)</b>	<b>Viable cell counts (CFU/mL)</b>	<b>Coliform group (MPN/100 mL)</b>	<b><i>E. coli</i> (MPN/100 mL)</b>
<b>A</b>	<b>2016.3</b>	<b>10.2</b>	<b>7.14</b>	<b>35.17</b>	<b>8.37</b>	<b>2.3x10<sup>2</sup></b>	<b>430</b>	<b>&lt;1.8</b>
	<b>2016.12</b>	<b>8.7</b>	<b>8.11</b>	<b>32.7</b>	<b>8.21</b>	<b>1.9x10<sup>2</sup></b>	<b>13</b>	<b>45</b>
	<b>2017.1</b>	<b>5.1</b>	<b>8.16</b>	<b>33.2</b>	<b>7.76</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>2.0</b>
<b>B</b>	<b>2016.3</b>	<b>10.4</b>	<b>7.57</b>	<b>36.15</b>	<b>12.20</b>	<b>&lt;15</b>	<b>2.0</b>	<b>&lt;1.8</b>
	<b>2016.12</b>	<b>7.4</b>	<b>7.97</b>	<b>32.7</b>	<b>7.34</b>	<b>30</b>	<b>14</b>	<b>&lt;1.8</b>
	<b>2017.1</b>	<b>6.1</b>	<b>8.09</b>	<b>33.2</b>	<b>8.02</b>	<b>58</b>	<b>130</b>	<b>11</b>
<b>C</b>	<b>2016.3</b>	<b>11.1</b>	<b>7.65</b>	<b>32.2</b>	<b>10.72</b>	<b>53</b>	<b>17</b>	<b>&lt;1.8</b>
	<b>2016.12</b>	<b>7.6</b>	<b>8.06</b>	<b>33.0</b>	<b>7.65</b>	<b>&lt;15</b>	<b>140</b>	<b>&lt;1.8</b>
	<b>2017.1</b>	<b>4.8</b>	<b>8.15</b>	<b>33.2</b>	<b>7.96</b>	<b>58</b>	<b>79</b>	<b>27</b>

**Table 3. Bacteriological levels of groundwater used in the process of dried laver products in Goheung**

Factory	Month	Degree (°C)	pH	Salinity (‰)	DO (mg/mL)	Viable cell counts (CFU/mL)	Coliform group (MPN/100 mL)	<i>E. coli</i> (MPN/100 mL)
A	2016.3	16.5	7.52	0.1	7.25	17	<1.8	<1.8
	2016.12	7.4	7.89	0.9	8.06	1.1x10 <sup>2</sup>	<1.8	<1.8
	2017.1	12.2	7.65	0.3	6.52	1.3x10 <sup>2</sup>	27	27
B	2016.3	17.9	7.45	2.5	7.26	2.5x10 <sup>2</sup>	9.3	<1.8
	2016.12	13.5	6.90	1.6	5.60	20	<1.8	<1.8
	2017.1	13.1	7.37	1.2	6.26	<15	<1.8	<1.8
C	2016.3	17.2	7.48	1.6	8.12	1.7x10 <sup>2</sup>	<1.8	<1.8
	2016.12	15.8	7.17	2.7	6.89	<15	<1.8	<1.8
	2017.1	14.8	7.58	3	6.0	<15	<1.8	<1.8

공정)와 Sample 5 (최종 마른 김) 공정 사이에서 일반세균수는 2 log CFU/g 이상 증가하였으며, 대장균군수 또한 증가하였다. 이는 가공공정 중의 오염과 수분제거로 인한 농축효과에 의해 균수가 증가 하는 것으로 생각된다.

## 1.2 완도군 마른김 가공 공장 분석

완도군 소재의 마른김 가공 공장 3 곳을 선정하고 2016 년 3 월, 12 월과 2017 년 1 월, 총 3 차례 방문하여 원료부터 최종 완제품 생산까지의 공정별 시료 (Table 4)와 마른김 가공에 사용되는 용수 (Table 5 & Table 6)에 대해 일반세균수, 대장균군 및 대장균을 분석하였다. 완도군의 마른김 가공 공장에서 채취한 공정별 시료에서 일반세균수는 <2.18-8.07 log CFU/g, 대장균군은 <18-160,000 MPN/100g 였으며 대장균은 <18-640 MPN/100g 으로 나타났다.

시료 채취 시기별 분석 결과, 공정별 시료 및 가공 용수 모두 유의적인 차이는 없는 것으로 나타나, 완도군의 경우 시기에 따른 영향을 받지않은 것으로 나타났다. 하지만, 고히군의 결과와 동일하게 시료를 채취한 시기에 관계없이 가공 공정이 진행됨에 따라 일반세균수, 대장균군 및 대장균 모두 증가하였으며, 특히, Sample 4 (숙성 공정)와 Sample 5 (최종 마른 김) 공정 사이에서 일반세균수는 2 log CFU/g 이상 증가하였으며, 대장균군수 또한 증가하였다. 이는 가공공정 중의 오염과 수분제거로 인한 농축 효과에 의해 균수가 증가 하는 것으로 생각된다.

Table 4. Bacteriological levels of intermediate and final products obtained from the process of dried laver products in Wando

Factory	Month	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
D	2016. 3	<2.18 ±0.00 <sup>a</sup>	220~ 460	<18~ 45	2.67 ±0.35 <sup>b</sup>	110~ 330	20~ 110	4.77 ±0.06 <sup>c</sup>	2,400~ 4,600	20~ 490	4.97 ±0.15 <sup>c</sup>	3,300~ 13,000	<18~ 140	8.07 ±0.15 <sup>d</sup>	35,000~ 160,000	20~ 130
	2016. 12	<2.18 ±0.00 <sup>a</sup>	<18~ 20	<18	3.45 ±0.35 <sup>b</sup>	140~ 2,300	<18	2.30 ±0.10 <sup>aa</sup>	45~ 92	<18~ 20	2.37 ±0.06 <sup>a</sup>	170~ 450	<18	5.63 ±0.12 <sup>c</sup>	790~ 3,300	<18
	2017. 1	<2.18 ±0.00 <sup>a</sup>	<18~ 20	<18	3.33 ±0.06 <sup>b</sup>	230~ 950	<18	3.28 ±0.03 <sup>b</sup>	700~ 4,900	<18	3.54 ±0.27 <sup>b</sup>	6,400~ 7,900	<18	6.66 ±0.05 <sup>c</sup>	54,000~ 160,000	<18
E	2016. 3	<2.18 ±0.00 <sup>a</sup>	20~ 45	<18	4.63 ±0.15 <sup>c</sup>	68~ 490	<18	4.17 ±0.15 <sup>b</sup>	790~ 2,800	<18~ 220	4.80 ±0.10 <sup>c</sup>	11,000~ 54,000	<18~ 640	7.37 ±0.47 <sup>d</sup>	5,400~ 92,000	37~ 270
	2016. 12	<2.18 ±0.00 <sup>a</sup>	20~ 130	<18	3.10 ±0.17 <sup>b</sup>	210~ 790	<18	3.03 ±0.15 <sup>b</sup>	330~ 1,300	<18	3.80 ±0.26 <sup>c</sup>	4,600~ 9,500	<18	7.27 ±0.23 <sup>d</sup>	92,000~ 160,000	<18
	2017. 1	<2.18 ±0.00 <sup>a</sup>	<18~ 68	<18	2.31 ±0.15 <sup>a</sup>	170~ 230	<18	3.87 ±0.07 <sup>b</sup>	700~ 4,900	<18	3.96 ±0.01 <sup>b</sup>	6,400~ 7,900	<18	7.17 ±0.15 <sup>c</sup>	54,000~ 160,000	<18
F	2016. 3	<2.18 ±0.00 <sup>a</sup>	68~ 230	<18~ 20	3.60 ±0.20 <sup>b</sup>	68~ 460	<18	3.67 ±0.05 <sup>b</sup>	210~ 950	<18	4.77 ±0.15 <sup>c</sup>	4,300~ 7,900	<18~ 75	7.13 ±0.12 <sup>d</sup>	11,000~ 92,000	<18~ 120
	2016. 12	2.60 ±0.10 <sup>a</sup>	<18~ 45	<18	3.17 ±0.40 <sup>b</sup>	790~ 2,300	<18	3.17 ±0.21 <sup>b</sup>	37~ 61	<18	3.45 ±0.21 <sup>b</sup>	6,400~ 11,000	<18	7.40 ±0.20 <sup>c</sup>	2,800~ 17,000	<18~ 20
	2017. 1	<2.18 ±0.00 <sup>a</sup>	20	<18	5.32 ±0.08 <sup>c</sup>	220~ 1,100	<18	3.31 ±0.04 <sup>b</sup>	61~ 92	<18	3.24 ±0.13 <sup>b</sup>	200~ 330	<18	7.55 ±0.12 <sup>d</sup>	13,000~ 35,000	<18

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

**Table 5. Bacteriological levels of seawater used in the process of dried laver products in Wando**

<b>Factory</b>	<b>Month</b>	<b>Degree (°C)</b>	<b>pH</b>	<b>Salinity (‰)</b>	<b>DO (mg/mL)</b>	<b>Viable cell counts (CFU/mL)</b>	<b>Coliform group (MPN/100 mL)</b>	<b><i>E. coli</i> (MPN/100 mL)</b>
<b>D</b>	<b>2016.3</b>	<b>10.2</b>	<b>7.14</b>	<b>35.17</b>	<b>8.37</b>	<b>2.3x10<sup>2</sup></b>	<b>430</b>	<b>&lt;1.8</b>
	<b>2016.12</b>	<b>8.7</b>	<b>8.11</b>	<b>32.7</b>	<b>8.21</b>	<b>1.9x10<sup>2</sup></b>	<b>13</b>	<b>45</b>
	<b>2017.1</b>	<b>5.1</b>	<b>8.16</b>	<b>33.2</b>	<b>7.76</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>2.0</b>
<b>E</b>	<b>2016.3</b>	<b>10.4</b>	<b>7.57</b>	<b>36.15</b>	<b>12.20</b>	<b>&lt;15</b>	<b>2.0</b>	<b>&lt;1.8</b>
	<b>2016.12</b>	<b>7.4</b>	<b>7.97</b>	<b>32.7</b>	<b>7.34</b>	<b>30</b>	<b>14</b>	<b>&lt;1.8</b>
	<b>2017.1</b>	<b>6.1</b>	<b>8.09</b>	<b>33.2</b>	<b>8.02</b>	<b>58</b>	<b>130</b>	<b>11</b>
<b>F</b>	<b>2016.3</b>	<b>11.1</b>	<b>7.65</b>	<b>32.2</b>	<b>10.72</b>	<b>53</b>	<b>17</b>	<b>&lt;1.8</b>
	<b>2016.12</b>	<b>7.6</b>	<b>8.06</b>	<b>33.0</b>	<b>7.65</b>	<b>&lt;15</b>	<b>140</b>	<b>&lt;1.8</b>
	<b>2017.1</b>	<b>4.8</b>	<b>8.15</b>	<b>33.2</b>	<b>7.96</b>	<b>58</b>	<b>79</b>	<b>27</b>

**Table 6. Bacteriological levels of groundwater used in the process of dried laver products in Wando**

<b>Factory</b>	<b>Month</b>	<b>Degree (°C)</b>	<b>pH</b>	<b>Salinity (‰)</b>	<b>DO (mg/mL)</b>	<b>Viable cell counts (CFU/mL)</b>	<b>Coliform group (MPN/100 mL)</b>	<b><i>E. coli</i> (MPN/100 mL)</b>
<b>D</b>	<b>2016.3</b>	<b>16.9</b>	<b>7.58</b>	<b>0.01</b>	<b>7.53</b>	<b>&lt;15</b>	<b>&lt;1.8</b>	<b>&lt;1.8</b>
	<b>2016.12</b>	<b>8.0</b>	<b>10.43</b>	<b>0.03</b>	<b>12.82</b>	<b>82</b>	<b>&lt;1.8</b>	<b>&lt;1.8</b>
	<b>2017.1</b>	<b>8.6</b>	<b>7.54</b>	<b>0.51</b>	<b>11.74</b>	<b>6.8x10<sup>2</sup></b>	<b>7.8</b>	<b>4.5</b>
<b>E</b>	<b>2016.3</b>	<b>16.7</b>	<b>7.29</b>	<b>1.70</b>	<b>7.2</b>	<b>&lt;15</b>	<b>&lt;1.8</b>	<b>&lt;1.8</b>
	<b>2016.12</b>	<b>15.5</b>	<b>8.47</b>	<b>0.98</b>	<b>7.95</b>	<b>21</b>	<b>&lt;1.8</b>	<b>&lt;1.8</b>
	<b>2017.1</b>	<b>6.6</b>	<b>7.38</b>	<b>0.25</b>	<b>12.30</b>	<b>6.5x10<sup>2</sup></b>	<b>13</b>	<b>&lt;1.8</b>
<b>F</b>	<b>2016.3</b>	<b>17.3</b>	<b>6.90</b>	<b>1.90</b>	<b>5.7</b>	<b>29</b>	<b>&lt;1.8</b>	<b>&lt;1.8</b>
	<b>2016.12</b>	<b>16.1</b>	<b>7.97</b>	<b>1.87</b>	<b>5.52</b>	<b>55</b>	<b>1.8</b>	<b>&lt;1.8</b>
	<b>2017.1</b>	<b>6.8</b>	<b>7.05</b>	<b>1.82</b>	<b>12.23</b>	<b>72</b>	<b>9.3</b>	<b>&lt;1.8</b>

### 1.3 해남·진도군 마른김 가공 공장 분석

해남·진도군 소재의 마른김 가공 공장 3 곳을 선정하고 2016 년 3 월, 12 월과 2017 년 1 월, 총 3 차례 방문하여 원료부터 최종 완제품 생산까지의 공정별 시료 (Table 7)와 마른김 가공에 사용되는 용수 (Table 8 & Table 9)에 대해 일반세균수, 대장균군 및 대장균을 분석하였다. 해남·진도군의 마른김 가공 공장에서 채취한 공정별 시료에서 일반세균수는  $<2.18-8.02 \log \text{CFU/g}$ , 대장균군은  $<18-160,000 \text{MPN/100g}$  였으며 대장균은  $<18-490 \text{MPN/100g}$  으로 나타났다.

시료 채취 시기별 분석 결과, 공정별 시료의 경우, I 공장은 시기에 따른 변화가 나타났지만, 나머지 2 개의 공장의 경우 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. 하지만 해수 및 지하수의 경우, 시기 및 공장별로 차이가 없는 것으로 나타나, I 공장이 주기적인 세척 및 관리를 하고 있는 것으로 생각된다.

하지만, 이전 지역들의 결과와 동일하게 시료를 채취한 시기에 관계없이 가공 공정이 진행됨에 따라 일반세균수, 대장균군 및 대장균 모두 증가하였으며, 특히, Sample 4 (숙성 공정)와 Sample 5 (최종 마른 김) 공정 사이에서 일반세균수는  $2 \log \text{CFU/g}$  이상 증가하였으며, 대장균군수 또한 증가하였다. 이는 가공공정 중의 오염과 수분제거로 인한 농축효과에 의해 균수가 증가 하는 것으로 생각된다.

**Table 7. Bacteriological levels of intermediate and final products obtained from the process of dried laver products in Haenam/Jindo**

Factory	Month	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
G	2016. 3	2.22 ±0.06 <sup>a</sup>	170~ 490	<18~ 20	2.19 ±0.02 <sup>a</sup>	45~ 170	<18~ 20	<2.18 ±0.00 <sup>a</sup>	20~ 460	<18~ 20	4.21 ±0.14 <sup>b</sup>	410~ 2,800	<18	7.51 ±0.04 <sup>c</sup>	3,300~ 13,000	<18
	2016. 12	<2.18 ±0.00 <sup>a</sup>	<18	<18	2.59 ±0.41 <sup>b</sup>	<18~ 20	<18	3.38 ±0.14 <sup>c</sup>	1,400~ 2,200	130~ 330	3.63 ±0.08 <sup>c</sup>	4,900~ 17,000	230~ 270	7.56 ±0.04 <sup>d</sup>	28,000~ 160,000	330~ 490
	2017. 1	2.29 ±0.19 <sup>a</sup>	<18	<18	<2.18 ±0.00 <sup>a</sup>	<18~ 45	<18	2.84 ±0.10 <sup>b</sup>	<18	<18	2.72 ±0.17 <sup>b</sup>	20~ 230	<18	6.37 ±0.25 <sup>c</sup>	230	<18
H	2016. 3	<2.18 ±0.00 <sup>a</sup>	<18	<18	<2.18 ±0.00 <sup>a</sup>	33~ 2,800	<18~ 20	3.86 ±0.18 <sup>b</sup>	33~ 2,800	<18	4.36 ±0.16 <sup>c</sup>	3,300~ 13,000	<18~ 45	7.33 ±0.23 <sup>d</sup>	170~ 490	<18
	2016. 12	3.52 ±0.14 <sup>c</sup>	37~ 78	<18	<2.18 ±0.00 <sup>a</sup>	68~ 1,300	<18	<2.18 ±0.00 <sup>b</sup>	68~ 1,300	<18	3.42 ±0.19 <sup>c</sup>	78~ 490	<18	7.07 ±0.12 <sup>d</sup>	3,300~ 9,500	<18
	2017. 1	2.33 ±0.14 <sup>a</sup>	45~ 110	<18	3.69 ±1.41 <sup>a</sup>	<18~ 45	<18	3.48 ±0.29 <sup>a</sup>	<18~ 45	<18	3.62 ±0.34 <sup>b</sup>	100~ 3,300	<18	7.13 ±0.39 <sup>c</sup>	700~ 4,800	<18
I	2016. 3	2.36 ±0.03 <sup>a</sup>	110~ 210	<18	3.17 ±0.07 <sup>a</sup>	29~ 230	<18~ 20	3.30 ±0.11 <sup>b</sup>	92~ 230	<18~ 20	4.80 ±0.07 <sup>c</sup>	17,000~ 92,000	<18	8.02 ±0.27 <sup>d</sup>	2,000~ 7,000	<18
	2016. 12	3.18 ±0.08 <sup>b</sup>	45~ 110	<18	3.88 ±0.18 <sup>c</sup>	480~ 2,300	<18	2.81 ±0.02 <sup>a</sup>	480~ 2,300	<18~ 45	3.14 ±0.07 <sup>b</sup>	1,400~ 3,300	<18~ 45	4.35 ±0.14 <sup>d</sup>	950~ 4,900	45~ 130
	2017. 1	<2.18 ±0.00 <sup>a</sup>	<18~ 45	<18	2.24 ±0.05 <sup>a</sup>	20~ 110	<18	2.91 ±0.06 <sup>b</sup>	20~ 110	<18	2.28 ±0.15 <sup>a</sup>	220~ 1,300	<18	3.95 ±0.21 <sup>c</sup>	170~ 790	<18

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

**Table 8. Bacteriological levels of seawater used in the process of dried laver products in Haenam/Jindo**

Factory	Month	Degree (°C)	pH	Salinity (‰)	DO (mg/mL)	Viable cell counts (CFU/mL)	Coliform group (MPN/100 mL)	<i>E. coli</i> (MPN/100 mL)
G	2016.3	11.7	7.95	34.76	7.67	<15	9.3	4.0
	2016.12	8.1	7.34	34.95	8.15	4.4x10 <sup>3</sup>	790	27
	2017.1	4.3	7.84	35.57	14.61	4.3x10 <sup>2</sup>	2.0	<1.8
H	2016.3	11.4	7.72	34.90	8.54	<15	6.8	4.5
	2016.12	6.3	6.52	35.25	9.56	1.5x10 <sup>3</sup>	4.5	<1.8
	2017.1	5.8	7.48	35.50	12.17	5.7x10 <sup>2</sup>	<1.8	<1.8
I	2016.3	12.4	8.14	31.88	7.03	4.8x10 <sup>2</sup>	40	4.5
	2016.12	8.3	8.46	33.45	8.09	2.7x10 <sup>2</sup>	9.3	<1.8
	2017.1	5.6	7.26	34.37	12.64	1.4x10 <sup>2</sup>	4.5	<1.8

**Table 9. Bacteriological levels of groundwater used in the process of dried laver products in Haenam/Jindo**

<b>Factory</b>	<b>Month</b>	<b>Degree (°C)</b>	<b>pH</b>	<b>Salinity (‰)</b>	<b>DO (mg/mL)</b>	<b>Viable cell counts (CFU/mL)</b>	<b>Coliform group (MPN/100 mL)</b>	<b><i>E. coli</i> (MPN/100 mL)</b>
<b>G</b>	<b>2016.3</b>	<b>13</b>	<b>8.58</b>	<b>0.1</b>	<b>9.21</b>	<b>2.4x10<sup>4</sup></b>	<b>130</b>	<b>4.0</b>
	<b>2016.12</b>	<b>9.1</b>	<b>8.96</b>	<b>0.12</b>	<b>11.59</b>	<b>29</b>	<b>7.8</b>	<b>&lt;1.8</b>
	<b>2017.1</b>	<b>6.2</b>	<b>8.94</b>	<b>0.30</b>	<b>16.81</b>	<b>2.8x10<sup>3</sup></b>	<b>79</b>	<b>&lt;1.8</b>
<b>H</b>	<b>2016.3</b>	<b>14.7</b>	<b>7.49</b>	<b>0.23</b>	<b>6.68</b>	<b>2.4x10<sup>3</sup></b>	<b>&lt;1.8</b>	<b>&lt;1.8</b>
	<b>2016.12</b>	<b>5.8</b>	<b>7.48</b>	<b>0.18</b>	<b>12.17</b>	<b>5.7x10<sup>2</sup></b>	<b>&lt;1.8</b>	<b>&lt;1.8</b>
	<b>2017.1</b>	<b>13.7</b>	<b>8.78</b>	<b>0.09</b>	<b>10.80</b>	<b>4.0x10<sup>3</sup></b>	<b>13</b>	<b>&lt;1.8</b>
<b>I</b>	<b>2016.3</b>	<b>12.6</b>	<b>8.97</b>	<b>0.12</b>	<b>7.29</b>	<b>2.6x10<sup>3</sup></b>	<b>230</b>	<b>7.8</b>
	<b>2016.12</b>	<b>8.0</b>	<b>10.23</b>	<b>0.29</b>	<b>9.22</b>	<b>4.5x10<sup>3</sup></b>	<b>700</b>	<b>23</b>
	<b>2017.1</b>	<b>5.4</b>	<b>8.55</b>	<b>0.12</b>	<b>15.96</b>	<b>3.9x10<sup>3</sup></b>	<b>17</b>	<b>&lt;1.8</b>

#### 1.4 신안·무안군 마른김 가공 공장 분석

신안·무안군 소재의 마른김 가공 공장 3 곳을 선정하고 2016 년 3 월, 12 월과 2017 년 1 월, 총 3 차례 방문하여 원료부터 최종 완제품 생산까지의 공정별 시료 (Table 10)와 마른김 가공에 사용되는 용수 (Table 11 & Table 12)에 대해 일반세균수, 대장균군 및 대장균을 분석하였다. 신안·무안군의 마른김 가공 공장에서 채취한 공정별 시료에서 일반세균수는 <math>2.18-8.18 \log \text{CFU/g}</math>, 대장균군은 <math>18-35,000 \text{ MPN/100g}</math> 였으며 대장균은 <math>18-170 \text{ MPN/100g}</math> 으로 나타났다.

시료 채취 시기별 분석 결과, 공정별 시료 및 가공용수 모두 유의적인 차이는 없는 것으로 나타나, 신안·무안군의 경우 시기에 따른 영향을 받지 않았다고 나타났다. 하지만, 이전 지역들의 결과와 동일하게 시료를 채취한 시기에 관계없이 가공 공정이 진행됨에 따라 일반세균수, 대장균군 및 대장균 모두 증가하였으며, 특히, Sample 4 (숙성 공정)와 Sample 5 (최종 마른 김) 공정 사이에서 일반세균수는 <math>2 \log \text{CFU/g}</math> 이상 증가하였으며, 대장균군수 또한 증가하였다. 이는 가공공정 중의 오염과 수분 제거로 인한 농축효과에 의해 균수가 증가 하는 것으로 생각된다.

#### 1.5 서천군 마른김 가공 공장 분석

서천군 소재의 마른김 가공 공장 3 곳을 선정하고 2016 년 3 월, 2017 년 1 월과 2 월, 총 3 차례 방문하여 원료부터 최종 완제품 생산까지의 공정별

**Table 10. Bacteriological levels of intermediate and final products obtained from the process of dried laver products in Shinan/Muan**

Factory	Month	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
J	2016. 3	<2.18 ±0.00 <sup>a</sup>	20~ 110	<18~ 45	3.49 ±0.07 <sup>c</sup>	45~ 220	<18~ 20	<2.18 ±0.00 <sup>a</sup>	78~ 83	<18	3.03 ±0.10 <sup>b</sup>	1,700~ 3,300	<18	7.14 ±0.14 <sup>d</sup>	340~ 2,300	<18
	2016. 12	2.56 ±0.35 <sup>a</sup>	<18~ 20	<18~ 20	4.87 ±0.04 <sup>b</sup>	<18	<18	5.17 ±0.06 <sup>bc</sup>	45~ 180	<18	5.38 ±0.01 <sup>c</sup>	78~ 170	<18	6.27 ±0.07 <sup>d</sup>	330~ 490	<18~ 20
	2017. 1	<2.18 ±0.00 <sup>a</sup>	<18~ 20	<18	3.71 ±0.06 <sup>b</sup>	20~ 230	<18	4.47 ±0.10 <sup>c</sup>	230~ 490	<18	4.59 ±0.07 <sup>c</sup>	230~ 490	<18	6.75 ±0.09 <sup>d</sup>	13~ 230	<18
K	2016. 3	<2.18 ±0.00 <sup>a</sup>	40~ 68	<18~ 20	<2.18 ±0.00 <sup>a</sup>	78~ 490	<18~ 45	3.29 ±0.17 <sup>b</sup>	490~ 2,200	<18~ 40	4.66 ±0.16 <sup>c</sup>	1,300~ 3,300	78~ 170	8.18 ±0.05 <sup>d</sup>	7,000~ 13,000	<18~ 78
	2016. 12	2.52 ±0.09 <sup>a</sup>	280~ 1,700	<18~ 45	4.27 ±0.24 <sup>c</sup>	230~ 1,400	37~ 45	2.51 ±0.11 <sup>a</sup>	20~ 230	<18~ 20	3.98 ±0.20 <sup>b</sup>	720~ 1,300	<18	4.93 ±0.03 <sup>d</sup>	12~ 2,300	<18
	2017. 1	<2.18 ±0.00 <sup>a</sup>	<18~ 68	<18~ 20	4.24 ±0.05 <sup>c</sup>	20~ 40	<18	<2.18 ±0.00 <sup>a</sup>	20~ 48	<18~ 20	3.56 ±0.17 <sup>b</sup>	220~ 790	<18	7.53 ±0.04 <sup>d</sup>	230~ 700	<18
L	2016. 3	<2.18 ±0.00 <sup>a</sup>	20~ 45	<18	<2.18 ±0.00 <sup>a</sup>	<18~ 20	<18	4.16 ±0.06 <sup>b</sup>	11,000~ 13,000	<18	4.47 ±0.11 <sup>c</sup>	13,000~ 35,000	<18	6.95 ±0.04 <sup>d</sup>	2,300~ 4,900	<18
	2016. 12	2.21 ±0.06 <sup>a</sup>	20~ 68	<18~ 45	4.39 ±0.26 <sup>b</sup>	110~ 220	<18~ 110	4.44 ±0.01 <sup>b</sup>	40~ 140	<18	4.59 ±0.07 <sup>b</sup>	20~ 130	<18	7.66 ±0.11 <sup>c</sup>	20~ 490	<18
	2017. 1	<2.18 ±0.00 <sup>a</sup>	18~ 45	<18	4.51 ±0.08 <sup>a</sup>	20~ 4,900	<18	4.05 ±0.24 <sup>a</sup>	170~ 490	<18	4.07 ±0.24 <sup>a</sup>	68~ 330	<18	7.79 ±0.10 <sup>b</sup>	45~ 270	<18

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

**Table 11. Bacteriological levels of seawater used in the process of dried laver products in Shinan/Muan**

Factory	Month	Degree (°C)	pH	Salinity (‰)	DO (mg/mL)	Viable Cell counts (CFU/mL)	Coliform group (MPN/100 mL)	<i>E. coli</i> (MPN/100 mL)
J	2016.3	8.5	7.18	34.65	8.81	<15	<1.8	<1.8
	2016.12	7.3	6.80	34.54	10.01	1.2x10 <sup>2</sup>	<1.8	<1.8
	2017.1	5.0	7.61	35.16	12.88	1.6x10 <sup>2</sup>	<1.8	<1.8
K	2016.3	10.3	7.76	34.48	8.65	<15	6.8	6.8
	2016.12	6.0	6.45	34.86	11.26	3.1x10 <sup>2</sup>	9.3	2.0
	2017.1	3.3	7.67	35.21	14.21	1.2x10 <sup>3</sup>	13	7.8
L	2016.3	10	7.88	35.26	9.63	3.1x10 <sup>2</sup>	4.0	<1.8
	2016.12	6.8	7.14	35.04	10.14	3.6x10 <sup>2</sup>	14	2.0
	2017.1	4.1	7.52	35.27	13.10	6.8x10 <sup>2</sup>	7.8	<1.8

**Table 12. Bacteriological levels of groundwater used in the process of dried laver products in Shinan/Muan**

Factory	Month	Degree (°C)	pH	Salinity (‰)	DO (mg/mL)	Viable cell counts (CFU/mL)	Coliform group (MPN/100 mL)	<i>E. coli</i> (MPN/100 mL)
J	2016.3	12.2	8.16	2.4	7.74	2.5x10 <sup>3</sup>	46	4.5
	2016.12	8.5	8.61	0.30	10.37	3.9x10 <sup>3</sup>	17	<1.8
	2017.1	6.1	8.53	0.49	15.37	1.9x10 <sup>4</sup>	2.0	<1.8
K	2016.3	15.7	6.28	0.6	9.68	<15	<1.8	<1.8
	2016.12	10.3	7.56	1.47	10.37	4.1x10 <sup>3</sup>	37	<1.8
	2017.1	8.6	8.44	1.32	14.75	2.5x10 <sup>3</sup>	140	<1.8
L	2016.3	13.6	8.67	0.27	10.31	1.6x10 <sup>2</sup>	7.8	<1.8
	2016.12	8.4	8.76	0.18	12.56	7.0x10 <sup>3</sup>	7.8	<1.8
	2017.1	5.1	8.42	0.28	16.92	5.4x10 <sup>3</sup>	12	<1.8

시료 (Table 13)와 마른김 가공에 사용되는 용수 (Table 14 & Table 15)에 대해 일반세균수, 대장균군 및 대장균을 분석하였다. 서천군의 마른김 가공 공장에서 채취한 공정별 시료에서 일반세균수는 <math>2.18-8.09 \log \text{CFU/g}</math>, 대장균군은 <math>18-160,000 \text{MPN/100g}</math> 였으며 대장균은 <math>18-700 \text{MPN/100g}</math> 으로 나타났다.

시료 채취 시기별 분석 결과, 공정별 시료 및 가공용수 모두 유의적인 차이는 없는 것으로 나타나, 서천군의 경우 시기에 따른 영향을 받지않았다고 나타났다. 하지만, 이전 지역들의 결과와 동일하게 시료를 채취한 시기에 관계없이 가공 공정이 진행됨에 따라 일반세균수, 대장균군 및 대장균 모두 증가하였으며, 특히, Sample 4 (숙성 공정)와 Sample 5 (최종 마른 김) 공정 사이에서 일반세균수는  $2 \log \text{CFU/g}$  이상 증가하였으며, 대장균군수 또한 증가하였다. 이는 가공공정 중의 오염과 수분 제거로 인한 농축효과에 의해 균수가 증가 하는 것으로 생각된다

시기별, 지역별 마른김의 가공 공정별 미생물학적 오염도 분석 결과, 모든 시기와 지역에서 동일하게 마른김 가공 공정이 진행됨에 따라 일반세균수와 대장균군이 점차적으로 증가하는 것으로 나타났다. 특히 대부분의 최종 완제품 (Sample 5)에서  $6 \log \text{CFU/g}$  이상의 일반세균수가 검출되었으며 이는 An and Lee (2002), Jo et al. (2004) 그리고 Son et al. (2014)이 보고한 연구 결과와 동일한 것으로 나타났다. 하지만 모든 마른김 가공 공정에서 대장균이 불검출 되었다고 보고한 Son et al. (2014)의 연구결과와

**Table 13. Bacteriological levels of intermediate and final products obtained from the process of dried laver products in Seocheon**

Factory	Month	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
M	2016. 3	<2.18 ±0.00 <sup>a</sup>	45~ 130	<18~ 45	4.31 ±0.27 <sup>c</sup>	700~ 3,300	<18~ 20	2.84 ±0.48 <sup>b</sup>	490~ 4,600	<18	5.04 ±0.25 <sup>d</sup>	54,000~ 92,000	78~ 170	8.00 ±0.25 <sup>e</sup>	35,000~ 160,000	45~ 180
	2016. 12	3.41 ±0.09 <sup>a</sup>	460~ 1,700	<18~ 40	3.62 ±0.23 <sup>a</sup>	78~ 1,300	<18~ 20	4.09 ±0.18 <sup>b</sup>	1,700~ 2,300	45~ 110	4.01 ±0.07 <sup>b</sup>	700~ 1,300	20~ 70	7.75 ±0.03 <sup>c</sup>	1,700~ 3,300	13~ 460
	2017. 1	2.19 ±0.03 <sup>a</sup>	20~ 40	<18	2.29 ±0.19 <sup>a</sup>	<18~ 40	<18~ 20	3.06 ±0.16 <sup>b</sup>	460~ 3,300	68~ 700	3.40 ±0.05 <sup>c</sup>	140~ 1,300	<68~ 220	4.88 ±0.13 <sup>d</sup>	490	<18~ 200
N	2016. 3	2.33 ±0.15 <sup>a</sup>	170~ 490	170~ 490	3.48 ±0.10 <sup>b</sup>	230~ 460	20~ 45	2.49 ±0.23 <sup>a</sup>	45~ 110	<18~ 20	5.60 ±0.17 <sup>c</sup>	14,000~ 35,000	<18~ 20	7.42 ±0.07 <sup>d</sup>	13,000~ 92,000	140~ 330
	2016. 12	2.40 ±0.25 <sup>a</sup>	18~ 68	<18~ 20	2.72 ±0.01 <sup>a</sup>	<18~ 170	<18	2.53 ±0.12 <sup>a</sup>	<18~ 56	<18	3.55 ±0.18 <sup>b</sup>	120~ 490	<18	8.09 ±0.08 <sup>c</sup>	230~ 490	<18~ 20
	2017. 1	<2.18 ±0.00 <sup>a</sup>	18~ 110	<18	2.95 ±0.11 <sup>b</sup>	<18~ 460	<18	2.40 ±0.08 <sup>ab</sup>	<18~ 220	<18	2.67 ±0.29 <sup>ab</sup>	<18~ 120	<18	6.32 ±0.54 <sup>c</sup>	780	<18
O	2016. 3	2.44 ±0.09 <sup>a</sup>	78~ 330	20~ 45	3.57 ±0.15 <sup>c</sup>	20~ 230	<18~ 20	2.65 ±0.34 <sup>a</sup>	45~ 170	<18~ 20	5.26 ±0.06 <sup>c</sup>	24,000~ 35,000	<18~ 20	6.77 ±0.18 <sup>d</sup>	1,700~ 35,000	130~ 220
	2016. 12	2.81 ±0.15 <sup>a</sup>	230~ 700	18~ 68	2.49 ±0.09 <sup>a</sup>	460~ 2,200	18~ 68	3.83 ±0.24 <sup>b</sup>	170~ 790	110~ 170	4.21 ±0.27 <sup>c</sup>	490~ 1,300	110~ 170	6.61 ±0.13 <sup>d</sup>	640~ 3,300	230~ 490
	2017. 1	<2.18 ±0.00 <sup>a</sup>	<18~ 170	<18~ 61	<2.18 ±0.00 <sup>a</sup>	18~ 110	<18~ 20	2.54 ±0.62 <sup>a</sup>	<18~ 45	<18~ 20	3.48 ±0.06 <sup>b</sup>	230	<18~ 20	6.97 ±0.16 <sup>c</sup>	780~ 2,300	<18~ 18

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

**Table 14. Bacteriological levels of seawater used in the process of dried laver products in Seocheon**

Factory	Month	Degree (°C)	pH	Salinity (‰)	DO (mg/mL)	Viable cell counts (CFU/mL)	Coliform group (MPN/100 mL)	<i>E. coli</i> (MPN/100 mL)
M	2016.3	11.8	7.75	30.9	7.0	8.0x10 <sup>2</sup>	4.5	<1.8
	2016.12	6.8	7.75	31.7	9.45	78	39	9.3
	2017.1	3.2	7.32	32.1	7.63	8.0x10 <sup>2</sup>	4.5	<1.8
N	2016.3	13.9	8.06	31.7	8.55	3.7x10 <sup>2</sup>	1.8	1.8
	2016.12	4.9	7.72	30.8	10.75	50	<1.8	<1.8
	2017.1	4.1	8.29	31.3	8.20	3.7x10 <sup>2</sup>	<1.8	<1.8
O	2016.3	11.4	7.87	31.6	7.97	1.0x10 <sup>2</sup>	13	13
	2016.12	6.0	7.81	31.2	10.54	1.8x10 <sup>2</sup>	49	17
	2017.1	3.5	8.28	31.9	9.10	1.0x10 <sup>2</sup>	26	<1.8

**Table 15. Bacteriological levels of groundwater used in the process of dried laver products in Seocheon**

Factory	Month	Degree (°C)	pH	Salinity (‰)	DO (mg/mL)	Viable cell counts (CFU/mL)	Coliform group (MPN/100 mL)	<i>E. coli</i> (MPN/100 mL)
M	2016.3	17	8.19	2.5	4.1	1.3x10 <sup>2</sup>	1.8	<1.8
	2016.12	7.2	7.67	1.3	9.28	<15	<1.8	<1.8
	2017.1	3.8	7.77	2.6	7.95	1.1x10 <sup>3</sup>	700	110
N	2016.3	12.9	8.99	2.5	7.8	1.7x10 <sup>2</sup>	22	<1.8
	2016.12	5.7	7.73	2.4	11.23	1.8x10 <sup>2</sup>	26	<1.8
	2017.1	3.8	8.37	2.7	8.1	30	2	<1.8
O	2016.3	12.9	8.13	3.9	8.02	3.5x10 <sup>2</sup>	17	4.5
	2016.12	6.2	8.17	2.8	10.66	1.1x10 <sup>3</sup>	1,300	130
	2017.1	2.6	8.44	3.1	9.05	35	790	46

다르게 본 연구에서는 전반적으로 대부분의 완제품에서 대장균이 검출되었다.

중국의 해조류 또는 해조류 가공품의 위생 기준(SAC, 2005)의 경우 일반세균수 30,000 CFU/g 이하 및 대장균군 30 MPN/100g 이하로 명시되어 있으며, 대만의 즉석 섭취 식품 위생 기준(TFDA, 2013)에 따르면, 대장균군 1,000 MPN/100g 이하 및 대장균 불검출로 명시되어 있다. 또한, 영국의 Health Protection Agency 의 즉석섭취식품의 미생물 안전 기준(2009)의 경우, 일반세균수  $10^5$  CFU/g 이하로 권고 하고 있으며, 식중독균인 *B. cereus*, *L. monocytogenes*, *Salmonella* sp., *S. aureus* 및 *V. parahaemolyticus* 불검출로 명시하고 있다. 현재 우리나라는 식품공전 중 즉석섭취·편의식품류에 대해 일반세균수 5 log CFU/g, 대장균 불검출로 명시하고 있다(MFDS, 2016).

## 2. 마른김의 중금속 및 이물 분석

마른김의 최종 완제품에서의 중금속 함량을 분석하기 위하여 납과 카드뮴의 함량에 대하여 분석하였다. 모든 마른김 최종 완제품에서 납은 0.35-0.54 mg/kg, 카드뮴은 0.76-1.67 mg/kg 으로 분석되었다. 식품공전(MFDS, 2016) 중 해조류의 중금속 기준은 카드뮴 0.30 mg/kg 이하이다. 하지만 이는 물김에 대한 기준으로, 마른김의 경우 건조과정으로 인하여 10 배 이상 농축되므로 수분함량을 고려하여 적용할 경우, 약 3.03 mg/kg 을 초과하는 시료는 없었다. 납 함량의 분석 결과는 Hwang et al. (2007)이 보고한 평균 함량  $0.046 \pm 0.057$  mg/kg 보다 높았지만, Kim et al. (2005)과 Choi et al. (1998)이 보고한  $0.31 \pm 0.38$  mg/kg 및  $0.680 \pm 0.012$  mg/kg 보다 낮은 값을 나타내었다. 카드뮴 함량의 분석 결과는 Choi et al. (1998)이 보고한  $0.096 \pm 0.002$  mg/kg 보다 높은 결과가 나타났으나, Hwang et al. (2007)과 Kim et al. (2005)이 각각 보고한  $1.32 \pm 0.43$  mg/kg 및  $1.60 \pm 1.19$  mg/kg 과는 유사한 결과가 나타났다. 또한, Yang et al. (2013)의 우리나라 연안에서 생산된 물김과 가공김의 중금속 함량을 분석한 연구 결과와 납과 카드뮴의 함량이 유사한 것으로 나타나 마른김 내 중금속 함량은 안전한 농도수준으로 판단된다.

또한 최종 완제품 중의 이물 또한 검출되지 않았다. 마른김의 최종 완제품 중 해조류의 중금속 기준을 초과하는 시료는 없었지만, 중금속의 경우 가공 공정 중 제어가 불가능하기 때문에 철저한 원료 관리가 필요한 것으로 생각된다.

### 3. 마른김 공장 가동 시간 경과에 따른 공정별 미생물학적 오염도 분석

이상에서 나타난 것처럼 가동 공정의 경과에 따라 미생물 오염도가 증가하는 경향이 나타났기 때문에 가동시간이 경과하면 이와 유사하게 미생물 오염도가 증가할 것으로 예측 되었다. 이에 마른김 가공 공장의 가동 시간에 따른 세부적인 분석을 진행하기 위해 진도군 소재의 공장을 대표 공장으로 선정한 후, 마른김 가공 공장 가동 시간 경과에 따른 공정 중의 미생물학적 오염도 변화를 분석하였다(Table 16).

이에 대한 분석결과, 일반세균수는  $<2.18-7.58 \log \text{CFU/g}$ , 대장균군은  $<18-160,000 \text{MPN/100g}$ 으로 나타났으며, 대장균은  $<18-490 \text{MPN/100g}$ 로 나타났다. 해수 세척, 이물 제거 그리고 절단공정에서는 가동 시간의 경과에 따른 미생물학적 오염도 변화는 거의 없는 것으로 분석되었다. 이는 상업적 마른김 제조 공정이나 실험실 제조과정 중 원초의 연화, 탈수, 조합과정에서 균수의 변화가 없다고 보고한 Lee et al. (2000)의 연구결과와 동일하였다.

하지만, 다른 공정 시료들과 달리 숙성공정과 최종 완제품의 경우, 공장 가동 시간의 경과에 따른 미생물학적 오염도는 꾸준히 상승하는 것으로 나타났다. 특히, 96 h 이후 일반세균수와 대장균군수가 급격히 증가하였으며, 이후에도 꾸준히 유지되거나 증가하였다. 또한 일반세균수의 경우, 초기에 생산된 완제품부터  $6 \log \text{CFU/g}$  이상 검출되어 중국의 해조류 또는 해조류

가공품의 위생 기준(SAC, 2005)을 초과하였으며 96 h 이후 일반세균수는 7 log CFU/g 이상 검출되었다. 대장균군의 경우에도 초기에 생산된 제품부터 100 MPN /100g 이상 검출되어 중국의 해조류 또는 해조류 가공품의 위생 기준(SAC, 2005)인 30 MPN/100g 을 초과 할뿐만 아니라, 가공 시간이 경과 할수록 증가하여 96 h 이후 1,000 MPN/100g 이상의 대장균군이 지속적으로 검출되어 대만의 식용 해조류의 위생 기준(TFDA, 2013)을 초과하였다. 대장균의 경우는 최종 완제품 시료에서 96 h 이후 지속적으로 검출되었다.

본 연구 결과, 가공 공정 및 시간에 따라 미생물학적 오염도가 증가하는 것으로 나타났으며 이는 오염된 스펀지와 절단, 숙성 설비 및 가공 용수 등 마른김 가공 공정 중 사용되는 시설, 장비 및 용수에 의한 교차오염이 원인으로 분석되었다. 하지만 현재 대부분의 마른김 가공 공장에서는 건조 공정 중 사용하는 스펀지를 3-5 일에 한번씩 교체하고 있으며, 연속적으로 진행되는 마른김 가공 공정의 특성상 설비 및 배관 등의 세척 에 어려움이 있어 주기적인 관리가 필요한 것으로 생각된다. 또한, 마른김 가공 시설 및 장비에 적용할 수 있는 살균소독 장치 및 세척소독제에 대한 연구가 부족하므로 마른김 가공 현장에 적용할 수 있는 살균소독 장치 및 세척소독제등의 개발과 같은 연구가 필요한 것으로 생각된다.

**Table 16. Bacteriological contamination levels of intermediate and final products of dried-laver based on the processing time**

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

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

#### 4. 마른김 가공 공정 중의 NaClO와 초음파 병행 처리

앞서의 마른김 공장의 가동 시간에 따른 미생물 변화 분석 결과, 이물 제거 (Process step 2, 4) 후 절단하는 단계 (Process step 5)부터 민물이나 깨끗하지 못한 세척수가 유입되면서 미생물학적 오염도가 증가하며, 특히 숙성공정 (Process step 6)에서 현저하게 증가하는 것을 볼 수 있다.

국내·외의 연구에서 사용되었던 살균제는 차아염소산나트륨(NaOCl), 차아염소수(HOCl) 그리고 오존수(O<sub>3</sub>) 등이 있다 (Estrela et al., 2003; Ölmez and Akbas, 2009; Park et al. 2016). 이에 본 연구에서는 숙성공정 (Process step 6)에 NaClO와 초음파를 병행 처리하여 마른김 가공 공정 중의 미생물 제어 가능성에 대한 연구를 진행하였다.

NaOCl과 초음파를 이용한 숙성 공정 (Process step 6) 시료에서의 미생물 저감화 연구 결과 (Table 17), *E. coli* KCTC 1682의 경우 변화가 없는 것으로 나타났으며, *S. aureus* KCTC 1927의 경우, 50-200 ppm 모두 약 1 log CFU/g가 감소한 것으로 나타났다. Kim et al. (2016)은 시중에서 시판되고 있는 건조 김에 4 kGy와 7 kGy 선량으로 전자선을 각각 조사한 결과, 2 log CFU/g이 감소하였다고 보고하였다. Kim et al. (2014)은 마른김에 1,000 V, 5 pps의 광펄스 조사를 실시하였을 때, 1분 후에는 0.6 log CFU/g, 처리 10분 후에는 1.6 log CFU/g가 감소했다고 보고하였다.

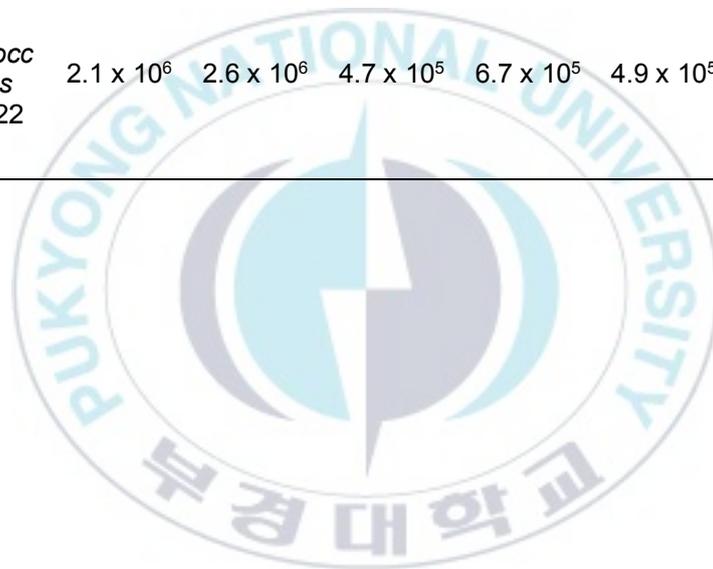
숙성 공정(Process step 6)에서의 NaClO 와 초음파의 병행 처리를 하여도 미생물 저감 효과가 거의 나타나지 않았다. 이러한 결과는 숙성상태에서 물과 물김의 비율이 6:4 로 물김의 양이 다소 많았으며, 또한 원초상태의 물김이 아닌 절단된 상태로 점액질의 양이 많고, 표면적 등이 증가하여 NaClO 와 초음파 병행 처리로 인한 미생물 제어 효과를 보기 어려웠던 것으로 생각된다.

이상의 결과를 종합하면, 숙성 공정(Process step 6)에서의 NaClO 와 초음파를 병행하여 처리할 경우, 미생물 제어 효과가 적다고 판단된다. 하지만 *S. aureus* 의 경우, 약 1 log CFU/g 이 감소하였을 뿐만 아니라, 오염도가 높은 숙성공정에 적용 가능한 연구가 부족한 실정으로 이에 대한 후속연구가 진행되어야 할 것이다.

**Table 17. Effect of treatment with NaClO and ultrasonication for controlling bacteriological levels of dried laver during aging process.**

Unit : CFU/g

Strain	Control	NaClO concentration(ppm)				
		0	50	100	150	200
<i>Escherichia coli</i> KCTC 1682						
	9.3 x 10 <sup>6</sup>	7.9 x 10 <sup>6</sup>	2.1 x 10 <sup>6</sup>	5.1 x 10 <sup>6</sup>	2.8 x 10 <sup>6</sup>	4.8 x 10 <sup>6</sup>
<i>Staphylococcus aureus</i> KCTC 1922						
	2.1 x 10 <sup>6</sup>	2.6 x 10 <sup>6</sup>	4.7 x 10 <sup>5</sup>	6.7 x 10 <sup>5</sup>	4.9 x 10 <sup>5</sup>	5.2 x 10 <sup>5</sup>



## . 요약

김은 수산물 수출산업의 중요한 품목이며 지금까지는 국내소비가 대부분이었으나 수출이 증대되면서 안전성 문제가 수출 여부를 결정짓는 가장 중요한 요소가 되고 있다. 하지만, 마른김의 생산 및 가공단계에서의 위해요소 관리가 미흡하여 위해요소에 대한 안전성 문제가 대두되고 있으며, 이로 인해 수입국에서의 클레임이 빈번히 발생하고 있다. 또한 식용 및 다양한 김 가공제품의 원재료로 사용되는 마른김의 식품위생안전성 확보는 수출을 통한 부가가치 창출뿐만 아니라 국내 소비자들을 위해서도 식품위생안전성이 확보된 마른김을 생산하는 것이 반드시 필요하다. 따라서 본 연구는 마른김 가공공장에서의 공정별 미생물학적 위해요소를 분석함으로써 안전한 마른김을 제공할 수 있는 기초를 마련하고자 하였다.

마른김 가공업체의 가공공정 중의 미생물학적 오염도를 조사하기 위하여, 5개 지역에서 3개의 공장을 선정하여 2016년 3월, 2016년 12월, 2017년 1월 등의 시기별로 방문하여 공정별 시료를 채취하였으며, 미생물학적 안전성 확보를 위해 가공 공정 전반에 걸쳐 미생물학적 위해요인을 분석하였다. 마른김 가공 공정별 시료의 미생물학적 위해요인 분석결과, 마른김 가공공정의 특성에 의해 공정이 진행 되면서 일반세균수와 대장균군이 증가. 특히 숙성 공정과 그 이후 공정에서 일반세균수는 2 log CFU/g 이상 증가하는 것으로 나타났는데 이는 건조 공정으로 인한 농축 효과에 의한 것으로

나타났다. 마른김의 최종 완제품에서의 납과 카드뮴의 함량의 경우, 납은 0.35-0.54 mg/kg, 카드뮴은 0.76-1.67 mg/kg으로 분석되었다.

또한 마른김 공장 가동 시간 경과에 따른 공정별 미생물학적 오염도 변화를 분석하였다. 분석 결과, 해수 세척, 이물 제거, 절단 공정에서는 시간의 경과에 따라 미생물학적 오염도 변화는 거의 없었다. 하지만, 숙성 공정과 최종 완제품의 경우, 공장 가동 시간의 경과에 따른 미생물학적 오염도는 꾸준히 상승하는 것으로 나타났으며, 특히 96 h 이후 일반세균수와 대장균수가 급격히 증가하였고 이후에도 꾸준히 유지되거나 증가하였다. 일반세균수의 경우, 초기에 생산된 제품에서 6 log CFU/g 검출되었으며 96 h 이후 일반세균수는 7 log CFU/g 이상 검출되었다. 대장균수의 경우에도 초기에 생산된 제품부터 100 MPN /100g 이상 검출되었으며, 가공 시간이 경과 할수록 증가하는 경향을 나타냈다. 대장균의 경우는 최종 완제품 시료에서 96 h 이후 지속적으로 검출되었다.

이에 마른김 가공 공정 중 숙성단계에서의 NaClO와 초음파 병행 처리를 이용한 연구를 진행하였다. *E. coli* KCTC 1682의 경우 효과가 없는 것으로 나타났으며, *S. aureus* KCTC 1927의 경우, 50-200 ppm 모두 약 1 log CFU/g가 감소한 것으로 나타났다. 따라서 마른김 가공 공정 중 미생물학적 오염도를 줄이기 위해 기구, 설비 및 배관에 대한 주기적인 세척 및 소독 등의 시설 관리와 시설 및 장비에 적용할 수 있는 살균소독 장치 및 세척소독제 등에 대한 추가적인 연구가 필요한 것으로 나타났다.

## . 참고문헌

- An AK and Lee HS. 2000. A simulation study on microbiological evaluation of kimchap manufacturing process in summer and winter. *Korean J. Community Nutr.* 5, 333-342.
- American Public Health Association (APHA). 2001. Compendium of methods for the microbiological examination of foods (4th Ed), American Public Health Association, Washington DC, 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>.
- C. Estrela, RG. Ribeiro, CRA. Estrela, JD. Pécora and MD. Sousa-Neto. 2003. Antimicrobial effect of 2% sodium hypochlorite and 2% chlorhexidine tested by different methods. *Braz. Dent. J.* 14, 58-62. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-64402003000100011>.
- Cho SM, Kim BM, Han KJ, Seo HY, HanYuna, Yang EH and Kim DS. 2009. Current status of the domestic processed laver market and manufacturers. *Food Science and Industry* 42, 57-70.
- Choi SN, Lee SU, Chung KH and Ko WB. 1998. A study of heavy metals contents of the seaweeds at various area in Korea. *Korean J. Food Cookery Sci.* 14, 58-32.

- H Ölmez, MY Akbas. 2009. Optimization of ozone treatment of fresh-cut green leaf lettuce. *Journal of Food Engineering*. 90, 487-494. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.07.026>.
- 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>.
- Hwang YO, Kim MS, Park SG and Kim SJ. 2007. Contents of lead, mercury, and cadmium in seaweeds collected in coastal area of Korea. *Anal. Sci. Technol.* 20 227-236.
- 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 JH, Mok JS and Park HY. 2005. Trace metal contents in sea weeds from Korean coastal area. *Prev. Nutr. Food Sci.* 34, 1041-1051. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2005.34.7.1041>.

- 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>.
- Korea Maritime Institute (KMI). 2016. Korea Maritime Institute Fisheries Outlook Center. Fisheries outlook about seaweed 548. Retrieved from [http://www.foc.re.kr/web/obsbook/list.do?rbsIdx=37&cs\\_category=6](http://www.foc.re.kr/web/obsbook/list.do?rbsIdx=37&cs_category=6) on Jun 30, 2017.
- Korea Trade Statistics Promotion Institute (KTSPI). 2017. Trade Statistics Service. Retrieved from <http://www.trass.or.kr/service/statistic/StatisticsViewServlet?mainServiceURL=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.
- Ministry of Food and Drug Safety (MFDS). 2016. Korean Food Standards Codex. Retrieved from [http://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01\\_01.jsp](http://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_01.jsp) on Jun 17, 2017.
- Park JH, Kim HN and Oh DH. 2016. Quality Enhancement of kimchi by pre-treatment with slightly acidic electrolyzed water and mild heating during storage. *J Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 45, 269-276. 10.3746/jkfn.2016.45.2.269.
- 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>.
- Standardization Administration of China (SAC). 2005. National Standard of the People's Republic of China. GB 19643-2005. Hygienic standard for marine algae and algae products.
- Taiwan food and drug administration (TFDA). 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/JKOSMEE.2016.19.3.203>.