

마른김(*Pyropia* sp.) 가공 공정에서의 미생물 오염도 및 전기분해수의 처리 효과

조종락¹ · 홍도희² · 김영목³ · 김현중⁴ · 김정목^{1,4*}

¹목포대학교 수산물안전독성연구소, ²국립수산물과학원 식품위생가공과, ³부경대학교 식품공학과, ⁴목포대학교 식품공학과

Microbial Contamination Level and Disinfection Effect of Electrolyzed Water in the Production Process of Dried-Laver *Pyropia* sp.

Jong-Lak Cho¹, Do-Hee Hong², Young-Mog Kim³, Hyun-Joong Kim⁴ and Jeong-Mok Kim^{1,4*}

¹Institute of Seafood Safety and Toxicology, Mokpo National University, Jeonnam 58554, Republic of Korea

²Food Safety and Processing Research Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Republic of Korea

³Department of Food Science and Technology, Pukyong National University, Busan 48513, Republic of Korea

⁴Department of Food Engineering, Mokpo National University, Jeonnam 58554, Republic of Korea

The purpose of this study is to test the effects of electrolyzed water treatment on dried-laver *Pyropia* sp. processing facilities to control microbial contamination. Following the progression of the process to the next step, as well as during the lapse between process operating hours, the contamination level of total viable cell counts (TVC) and total coliform (TC) of laver increased. The TVC increased during the aging step, and after the molding-drying steps were completed, it increased by approximately 2.0 log CFU (colony forming unit)/g. Freshwater used for processing in April had a TVC of 4.31 log CFU/mL, which was more polluted than 2.61 log CFU/mL of seawater. Electrolyzed water was used to treat the sponge used in the laver-molding process, which resulted in a 2 log CFU/mL decrease. The TVC of dried-laver decreased by 1 to 2 log CFU/g when electrolyzed water was applied to the process. In conclusion, application of electrolyzed water in dried-laver processing was shown to be effective in reducing the microbiological contamination of the final product.

Keywords: Dried-laver, Electrolyzed water, Sterilization, Total microbial counts, Coliforms

서론

김(Laver *Pyropia* sp.)은 홍조식물로 김파래과에 속하며 국내에서 생산되는 종은 주로 방사무늬김(*Pyropia yezoensis* Ueda), 참김(*P. tenera* Kjellman), 모무늬돌김(*P. siriata* Kjellman), 잇바디돌김(*P. dentata* Kjellman) 등이 있다(Hwang et al., 2005). 김은 국내에서 양식되는 해조류 중 미역, 다시마 다음으로 많이 생산되고 있는 대표적인 해조류로 2019년 국내 김 생산량은 1억 7,746만속이었고(마른김 1속-260 g 기준) 수출은 7,275만속으로 수출액은 5억 7,954만 달러를 기록하여 농수산물 중에서 1위를 함으로써 해조류 산업의 중요한 수출 품목으로 자리잡았다(Baek, 2020). 마른김은 양식장에서 11월부터

이듬해 4월 정도까지 한정된 시기에 생산된 물김을 채취하여 위판 및 공장에 하역한 후 세척 및 이물제거, 성형, 건조, 포장의 과정을 거쳐 생산되는데 소비는 연중 내내 이루어 진다. 생산된 마른김은 주로 일반용, 김밥용, 식자재 및 조미김의 원료로 이용되고 있다. 마른김은 주로 일본, 대만, 중국, 태국, 미국 등으로 수출하고 있는데 국가별로 위생에 대한 관심이 높아지면서 미생물이나 중금속의 기준을 내세워 수산물이나 수산가공품의 수입규제를 강화하고 있는 실정이다(Ock, 2010). 마른김의 위생적인 문제가 대두되고 있는 것은 주로 이물의 혼입과 과도한 일반세균수(total viable cell counts, TVC)로, 이물의 혼입은 엄격한 검사를 통해서 해결 할 수 있지만 TVC의 문제는 원료, 가공용수, 설비장치 및 작업자에 의한 교차 오염 등이 주된 원인이

*Corresponding author: Tel: +82. 61. 450. 2427 Fax: +82. 61. 454. 1521

E-mail address: jmkim@mnu.ac.kr



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.

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2022.0662>

Korean J Fish Aquat Sci 55(5), 662-669, October 2022

Received 15 September 2022; Revised 26 September 2022; Accepted 28 September 2022

저자 직위: 조종락(전임연구원), 홍도희(연구원), 김영목(교수), 김현중(교수), 김정목(교수)

다(Lee et al., 1999; Ahn et al., 2001; Son et al., 2014). 김의 미생물학적 안전성에 관한 연구로는 김 생산 해역의 해수와 물김에 대한 위생학적 평가(Jeong et al., 2017), 전자선 처리 또는 열처리에 따른 마른김의 미생물 저감화(Kim et al., 2016; Lee et al., 2000), 광펄스를 이용한 비가열살균(Kim and Shin, 2014) 등이 있으나 마른김의 시기별 지역별 가공 공정과 관련된 연구를(Kwon et al., 2018) 제외하고는 마른김 생산 현장에서 미생물 저감화와 연계된 연구는 많이 부족한 실정이다. 특히 마른김의 가공 용수인 해수는 공정 중 원초를 저장하는 탱크에서 물김을 세척하기 위해 사용되고, 담수는 물김의 염분을 제거하고 색택을 좋게 하기위해서 절단공정 이후부터 모든 과정에서 사용되기 때문에 가공용수의 미생물학적 제어는 중요하다. 또한 마른김 가공공장 특성상 한번 가동되기 시작하면 탈수와 성형공정에서 사용되는 스펀지를 교체하기 어렵기 때문에 지속적으로 사용되는 스펀지에 의한 미생물 오염이 추가로 발생할 수가 있어서 이들의 관리도 중요하다고 판단되나 이에 관한 연구는 거의 이루어지지 않았다.

전기분해수(electrolyzed water)는 수돗물에 일정량의 NaCl을 첨가 또는 염산(HCl)이 함유된 물을 전기분해하여 차아염소산나트륨(NaClO) 및 차아염소산(HClO)이 함유된 것으로 농업, 축산업, 의료 및 식품산업에 항미생물제로 활용되고 있다(Yoo and Jang, 2011; Teng et al., 2013). 전기분해수는 강력한 살균력과 처리 대상 범위가 넓고, 유해 잔류물이 없어 인체에 해를 끼치지 않는다고 알려져 있으며 장치의 설치와 운전 및 제어가 용이하다는 장점이 있다(Huang et al., 2008; Teng et al., 2013). 이러한 이유로 다양한 식품에 적용되고 있으며 수산물에는 전기분해수로 처리한 생굴에서의 살균효과(Kim et al., 2004), 멸치의 색택 개선 및 지질 과산화물의 생성 감소(Lee et al., 2014), 미역의 대장균군 억제효과(Kim et al., 2015)에 대한 연구 결과 정도만 있다.

따라서 본 연구의 목적은 마른김 가공 공정에서 미생물학적 오염도를 낮출 수 있는 방안을 마련하고자 제조 공정에서의 미생물 오염도 조사 및 사용 용수와 김 성형 후 압착공정에 사용되는 스펀지의 전기분해수 처리에 따른 살균 효과를 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

실험 재료

실험에 사용된 시료는 전라남도 진도군에 위치한 마른김 가공업체에서 1월부터 4월까지 공정별 시료와 가공 용수(해수, 담수)를 채취하였다. 마른김 공장의 가공 공정 및 시료채취 지점은 Fig. 1에 나타내었다. 국내에서 가공 공정은 표준화는 되어 있지 않지만 대부분 공장에서는 이와 유사한 방식을 따르고 있다. 본 실험에서 김 시료를 채취한 지점을 5군데로 정하였는데, 김의 원초를 S-1, 해수로 이물 제거 및 세척 후 담수로 염분을

Sampling points

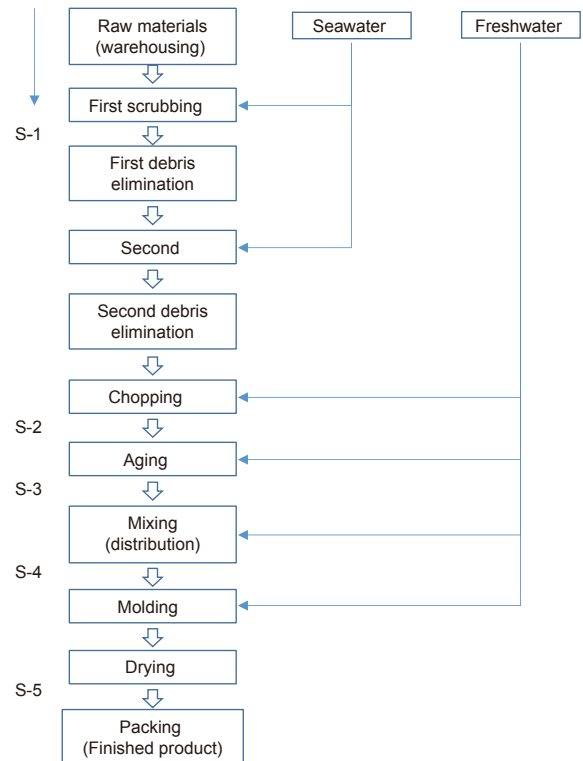


Fig. 1. Standard scheme of dried-laver *Pyropia* sp. processing and sampling points in the processing plant.

제거하고 원초를 절단한 것을 S-2, 원초를 부드럽게 하기 위해 숙성 단계를 거친 것을 S-3, 성형 전 물김을 담수와 혼합한 것을 S-4, 성형 및 탈수 과정과 건조를 거쳐 완성된 최종 완제품 마른김을 S-5로 하여 분석하였다. 공장 가동 과정에서 미생물 오염의 누적에 따른 변화와 전기분해수를 공정에 적용한 것과 기존에 적용하지 않은 것을 비교하기 위해 앞서 공장의 배관 및 기구를 깨끗이 세척한 후 공장이 가동되어 시료 채취를 시작한 시간을 기점으로 하여 각 공정별로 0 h, 6 h, 12 h, 24 h 간격으로 채취하여 실험을 진행하였다. 채취한 시료는 아이스박스(4°C 이하)에 보관한 후 실험실로 운반하여 분석에 사용하였다.

제조 공정 단계별 김의 미생물(일반세균수, 대장균군 및 대장균) 분석

TVC는 식품공전(MFDS, 2020)의 시험법 중 미생물시험법에 따라 진행하였다. 무균적으로 채취한 김 시료 25 g에 phosphate buffered saline (PBS) 225 mL로 10배 희석하여 2분 동안 균질화(Bag Mixer; Interscience Lab. Inc., Woburn, MA, USA) 하였다. 균질액을 serial dilution하여 각 단계 희석액 1 mL을 petri dish에 분주한 후 plate count agar (PCA; Difco Inc., Detroit, MI, USA)를 사용해 표준 평판법으로 실험을 진행하였다. 응

고시킨 배지를 $35\pm 2^{\circ}\text{C}$ 에서 48 ± 2 h 배양시킨 후 형성된 집락을 계수하여 colony forming unit (CFU/g)으로 나타내었다. 대장균군(total coliform, TC) 및 분변계대장균(fecal coliform, FC)은 최확수법으로 진행하였다. 추정시험은 lauryl tryptose broth (LTB; Difco Inc.)를 사용하여 $35\pm 1^{\circ}\text{C}$ 에서 24 ± 2 h, 48 ± 3 h 동안 배양하였다. 확정시험에서 TC은 Brilliant green bile broth 2% (BGLB; Difco Inc.)를 사용하여 $35\pm 1^{\circ}\text{C}$ 에서 24 ± 2 , 48 ± 3 h 동안 배양하였고, FC은 EC medium (EC; Difco Inc.)를 사용하여 $44.5\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 에서 24 ± 2 h 동안 배양하였다. 추정시험에서 사용한 LTB와 확정시험에서 사용한 BGLB, EC배지의 듀럼발효관에 가스가 생성되면 양성으로 판정하고 MPN (most probable number) Table에 따라 MPN/100 g으로 나타내었다.

김 가공 용수의 전기분해수 제조장치

마른김 공정에 사용되는 가공 용수(해수, 담수)를 처리하기 위한 전기분해수는 컨테이너형 전기분해장치, 전처리 여과필터와 제어장치로 구성되어 있는 자동화설비(Hychlogen-S500 Model; Techcross Inc., Busan, Korea)에 의해서 제조되어졌다. 컨테이너형 전기분해장치에는 전기분해 챔버 및 정류기가 각 2 Set, 최대농도 400 mg/L로 2톤의 용량을 저장할 수 있는 저장탱크와 전기 분해 챔버, 자동세척장치로 구성되어 있다. 가공용수(해수, 담수)의 처리과정으로 해수는 마른김 가공공장의 인근 바다에서 펌프로 끌어올려 전처리 여과 필터를 이용하여 $10\ \mu$ 이상의 탁도 성분을 제거한 후 전기분해장치로 처리하여 살균하지 않은 해수와 혼합하였고, 담수는 주로 지하수를 이용하는 데 전처리 자동 역세형 여과 필터로 처리한 후 전기분해수와 혼합하여 공정에 사용하였다(Techcross Holdings Inc., 2019). 가공용수로 각 공정 단계에 공급되는 전기분해수의 최종 농도는 5–7 mg/L를 유지하였다.

전기분해수를 이용한 스펀지 살균

마른김 가공의 압착공정에서 사용되는 스펀지($27\times 24\times 4$ cm)의 세척기(Pulmuggong Inc., Kwangju, Korea)는 세척수와 함께 스펀지를 압착과 탈수 과정을 10회 반복하는 것을 1 cycle로 기본 세팅하여 사용되고 있다(Fig. 2). 본 실험에서는 미생물 오염도를 감소시키기 위하여 전기분해장치로 살균 처리된 전기분해수 농도 150 mg/L를 스펀지 세척기에 적용하여 스



Fig. 2. Washer for sponge in dried-laver *Pyropia* sp. processing.

펀지에서 살균 효과를 평가하였다. 전기분해수를 처리하기 전과 처리 후의 스펀지에서 용출된 물을 채취하여 TVC, TC, FC의 오염도를 비교 분석하였다.

통계처리

본 연구의 결과에 대한 유의성을 검정하기 위하여 SPSS 프로그램을 이용하여 통계처리 하였다. 실험군들 간의 유의성 검정은 분산분석 후 $P<0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

결과 및 고찰

김 제조 공정 단계에서 월별 미생물 수 변화

TVC는 1월의 김 시료에서 공정별로 S-1, S-2, S-3, S-4, S-5에서 각각 2.0, 3.2, 3.5, 3.6, 6.7 log CFU/g 값을 나타내었으며, 2월은 2.5, 3.5, 3.8, 4.3, 6.6 log CFU/g, 3월은 1.8, 3.7, 4.5, 4.6, 7.6 log CFU/g 값을 나타내었다(Fig. 3). 전체적으로는 가공공정이 진행되면서 TVC가 증가하고, 특히 숙성 과정인 S-3에서 건조 과정을 거쳐 최종 완제품인 S-5 공정에서 TVC가 2 log CFU/g 이상 증가하는 것으로 나타났다. 이는 숙성과정을 거친 물김이 성형, 건조 과정을 거치게 되는데, 탈수과정에서의 사용되는 스펀지에 의한 교차 오염, 건조 과정에서(평균 내부 온도 $45\text{--}50^{\circ}\text{C}$, 평균 건조 시간 2시간 30분) 온도 및 수분 제거로 인한

Table 1. Changes in the total coliform and fecal coliform of laver *Pyropia* sp. following processing steps at different month

(Unit, MPN/100 g)

Month	S-1		S-2		S-3		S-4		S-5	
	Total coliform	Fecal coliform	Total coliform	Fecal coliform	Total coliform	Fecal coliform	Total coliform	Fecal coliform	Total coliform	Fecal coliform
January	<18	<18	20	<18-20	<18-20	<18	<18-20	<18	<18-37	<18
February	18-45	<18	20-45	<18-20	290-3,100	<18	20-45	<18	1,100-4,900	<18-45
March	<18-20	<18	<18-37	<18	11,000-54,000	<18-20	1,100-4,900	<18-20	17,000-160,000	110-230

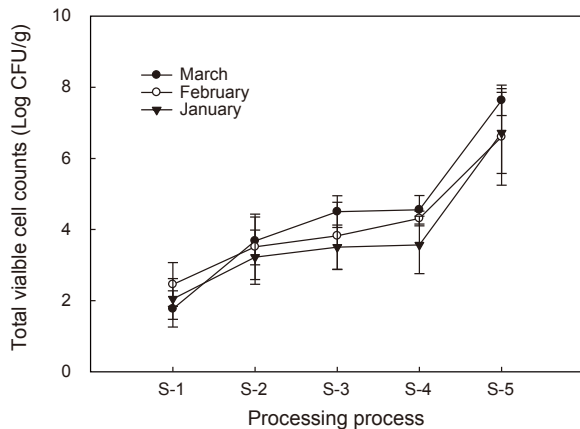


Fig. 3. Process-related change in the total viable cell counts of larver *Pyropia* sp. at different month.

농축 효과에 의해 TVC가 증가되는 것으로 판단된다.

대장균과 FC에 대한 분석 결과는 Table 1에 나타나 있는데, 1월 시료는 S-1에서 S-5지점까지 공정이 진행되면서 TC의 범위는 <18에서부터 <18–37 MPN/100 g 값을 나타내었고, 2월은 18–45에서부터 1,100–4,900 MPN/100 g, 3월은 <18–20에서부터 17,000–160,000 MPN/100 g 값을 보여주었다. FC의 범위는 1월에는 S-2를 제외하고 모든 공정단계에서 <18 MPN/100 g 값을 나타내었으나, 2월은 S-5에서 <18–45 MPN/100 g, 3월은 S-3, S-4와 S-5에서 각각 <18–20, <18–20, 110–230 MPN/100 g 값을 나타내었다. TC의 경우에는 가공공정이 진행됨에 따라 숙성공정에서 증가하고 성형 전 공정에서 감소하며 최종완제품에서 크게 증가하는 것으로 나타났다. FC은 가공 공정의 진행에 따른 변화의 패턴은 나타나지 않았지만 1월과 2월보다 3월 채취한 시료에서 FC이 110–230 MPN/100 g으로 비교적 높게 나타났다. 전반적으로 가공 공정이 진행되면서 TVC와 위생지표미생물수가 증가하는 경향을 보이고 있다.

이 같은 결과는 1월에 제조된 마른 김보다 3월과 4월에 제조된 마른김의 TVC가 다소 높다는 Han (2017)과 Noh (2016)의 보고와 일치한다. 이것은 가공용수의 수온이 상대적으로 높은 시기에 제조된 김에서 미생물의 오염도가 증가되는 것과 연관이 있을 것으로 판단되어 진다.

마른 김 제조 시 사용되는 가공 용수에 따른 미생물 변화 분석

마른 김 제조 시 사용되는 가공 용수는 공정별로 해수와 담수가 별도로 사용되어진다. 따라서 공정에 사용되는 해수와 담수의 월별 온도, pH, 염도, 용존산소량, 미생물학적 분석결과를 Table 2에 나타내었다. 해수의 경우 2월, 3월, 4월의 온도는 각각 4.3, 9.0, 11.0°C, pH는 7.8, 9.0, 8.0, 염도는 35.6, 34.1, 34.8 psu, 용존산소량은 14.6, 11.5, 9.8 mg/L로 나타났다. TVC는 2월, 3월 및 4월에 각각 1.22, 1.43, 2.61 log CFU/mL, TC은 2.0, 7.8, 6.3 MPN/100 mL, FC은 <1.8, <1.8, 4.0 MPN/100 mL의 값을 나타내었다. 해수의 TVC는 2월과 3월에 비해 비교적 수온이 높은 4월이 1.4 log CFU/g이상 높은 것으로 확인되었다. TC은 3월에 7.8 MPN/100 mL의 값으로 나타나 4월보다 높게 나타났지만 4월도 6.3 MPN/100 mL로 2월에 비해서는 높게 나타났다. FC의 경우에는 2월과 3월에는 검출되지 않았지만 4월에는 4.0 MPN/100 mL의 값이 검출되었다. 해수는 2월과 3월에 비해 수온이 높은 4월에 TVC가 높게 검출되어 Choi and Jeong (2001)과 유사한 결과를 나타내었으며, TC 및 FC이 비교적 높게 검출되었다. 담수의 경우는 2월, 3월, 4월의 온도는 각각 6.2, 9.5, 13.0°C, pH는 9.0, 8.8, 7.3, 염도는 0.3, 0.6, 0.1 psu, 용존산소량은 12.1, 8.1, 9.2 mg/L로 나타났다. TVC는 2월, 3월, 4월에 각각 2.24, 2.73, 4.31 log CFU/mL, TC은 79, 170, 130 MPN/100 mL, FC은 <1.8, 2.0, 4.0 MPN/100 mL의 값을 나타내었다. 담수의 TVC는 2월과 3월에 비해 비교적 수온이 높은 4월이 4.3 log CFU/g의 값으로 가장 높은 것으로 확인되었다. TC은 3월에 170 MPN/100 mL의 값으로 나타나 4

Table 2. Changes in temperature, pH, salinity, dissolved oxygen, total viable cell counts, total coliform and fecal coliform of processing water at different month

	Seawater			Fresh water		
	February	March	April	February	March	April
Temperature (°C)	4.3	9.0	11.0	6.2	9.5	13.0
pH	7.8	9.0	8.0	9.0	8.8	7.3
Salinity (psu)	35.6	34.1	34.8	0.3	0.6	0.1
Dissolved oxygen (mg/L)	14.6	11.5	9.8	12.1	8.1	9.2
Total viable cell counts (Log CFU/mL)	1.22±0.09 ^a	1.43±0.14 ^a	2.61±0.20 ^b	2.24±0.19 ^a	2.73±0.09 ^a	4.31±0.11 ^b
Total coliform (MPN/100 mL)	2.0	7.8	6.3	79	170	130
Fecal coliform (MPN/100 mL)	<1.8	<1.8	4.0	<1.8	2.0	4.0

CFU, Colony forming unit; MPN, Most probable number. Mean values with different lowercase letters in the same row are significantly different ($P < 0.05$).

Table 3. Changes in total viable cell counts, total coliform and fecal coliform of processing water before and after application of electrolyzed water in time related laver *Pyropia* sp. processing

	Lapse of process operating time (h)	Seawater			Fresh water		
		Total viable cell counts (Log CFU/mL)	Total coliform (MPN/100 mL)	Fecal coliform (MPN/100 mL)	Total viable cell counts (Log CFU/mL)	Total coliform (MPN/100 mL)	Fecal coliform (MPN/100 mL)
Before disinfection	0	0.86±0.10 ^a	6.8	4.5	1.13±0.16 ^a	<1.8	<1.8
	6	0.87±0.11 ^a	11	<1.8	2.40±0.06 ^b	280	13
	12	0.71±0.17 ^a	4.5	2.0	2.47±0.14 ^b	170	7.8
	24	0.66±0.23 ^a	8.2	<1.8	2.75±0.14 ^c	170	2.0
After disinfection	0	ND ¹	<1.8	<1.8	ND ¹	<1.8	<1.8
	6	ND	<1.8	<1.8	ND	<1.8	<1.8
	12	ND	<1.8	<1.8	ND	<1.8	<1.8
	24	ND	<1.8	<1.8	ND	<1.8	<1.8

¹ND, Not detect. CFU, Colony forming unit; MPN, Most probable number. Mean values with different lowercase letters in the same column are significantly different (P<0.05).

월보다 높게 나타났지만 4월에 130 MPN/100 mL로 2월에 비해서는 높게 나타났다. FC의 경우에는 2월에는 검출되지 않았지만 3월과 4월에 각각 2.0, 4.0 MPN/100 mL의 값이 검출되었다. 담수에서도 해수와 마찬가지로 2월과 3월에 비해 4월에 TVC와 FC이 비교적 높게 검출되는 것으로 확인되었다. 담수는 물김의 이물 제거 이후 공정부터 염분을 제거하기 위한 목적으로 세척, 숙성공정에서 사용되고 있는데 오염된 세척수를 사용할 경우는 마른 김의 미생물학적 품질에 중요한 영향을 끼칠 우려가 있다. Table 3은 마른 김 가공 공정에 사용되는 해수와 지하수를 가동 시간별로 지속적으로 모니터링하면서 전기분해수를 사용한 것과 사용하지 않은 해수와 지하수의 미생물 오염도를 비교하였다. 해수를 전기분해 처리하여 사용된 용수의 잔류 염소 농도는 7.1 ppm, 담수의 경우에는 6.6 ppm이었으며 김 가공 단계에서 절단 공정후의 가공용수에서의 농도는 2.6 ppm, 숙성 후에는 1.3 ppm이었고 성형 전 혼합 시료에서 채취한 물에서는 1.8 ppm으로 나타났다. 이는 Fig. 1에서 용수가 각 공정별로 6.6–7.1 ppm 농도로 지속적으로 공급되어지지만 물김과의 반응에 의해 유효염소량이 감소되기 때문이다. 전기분해로 해수와 담수를 처리한 결과 총미생물수는 검출되지 않았고, TC, FC에서 <1.8 MPN/100 mL를 나타내어 살균력을 확인하였다. 공장 가동 시간에 따른 마른 김 가공 공정에 투입되는 용수도 지속적으로 변함없이 살균력을 지속하는 것으로 나타났다.

마른 김 가공에는 다량의 해수와 담수 모두 필요하며 일부를 제외하고는 대부분의 업체에서는 전처리 되지 않는 해수와 담수를 사용하고 있다. 특히 담수는 지하수 이외에도 계절적으로 용수가 부족한 경우에는 하천, 저수지 물을 혼용해서 이용하고 있는 경우도 있어 이들 가공 용수의 위생적인 문제가 대두되기도 한다(Baek, 2020). 현재까지 마른 김 공정에서 세척수로 사용하고 있는 해수에 대한 관리 기준은 없는 상태이다. 식품일반에 대한 공통 규격으로 식품용수는 먹는 물 수질기준에 적합한 것

으로 되어 있는데 본 연구결과에서 해수와 담수를 전기분해로 수처리 하는 것은 마른 김 제조공정의 용수의 위생적인 문제를 해결하는 방안이 될 수 있다고 여겨진다.

스펀지 세척기에 전기분해수 적용에 따른 살균 효과

마른 김 제조공정에서 스펀지(27×24×4 cm)는 숙성을 마친 물김이 건조 전 성형 틀에 투입된 후 압착하는 과정에서 사용되 어지는데 문제점은 지속적으로 물을 머금고 있으며 반복 사용함에 따라 미생물 오염의 주된 원인으로 파악되고 있다. 스펀지 세척기(Pulmuggong, Kwangju, Korea)는 스펀지에 물을 분사한 후 압착과 탈수 과정을 10회 반복하는 것을(1 cycle) 기본으로 세팅하여 스펀지의 이물을 씻어내기 위하여 사용하고 있는데 150 mg/L 농도의 전기분해수를 적용한 결과는 Table 4에 나타나 있다. 하루 작업을 마친 사용한 스펀지에서 용출시킨 물의 TVC는 5.82 log CFU/100 mL, TC은 >160,000 MPN/100 mL이 검출되었고, FC은 검출되지 않았다. 반면 전기분해수

Table 4. Microbial contamination levels of sponge following disinfection with electrolyzed water

Washing cycle ¹	Total viable cell counts (Log CFU/mL)	Total coliform (MPN/100 mL)	Fecal coliform (MPN/100 mL)
0 (used sponge)	5.82±0.12 ^b	>160,000	<1.8
1	2.59±0.13 ^a	4.5-23	<1.8
2	2.55±0.17 ^a	2.0	<1.8
3	2.51±0.08 ^a	<1.8	<1.8

¹Repeat the process of compressing and dehydrating the sponge 10 times with electrolyzed water. CFU, colony forming unit; MPN, most probable number. Mean values with different lowercase letters in the same column are significantly different (P<0.05).

로 살균한 스펀지의 TVC는 2.59 log CFU/mL, TC은 4.5–23 MPN/100 mL, FC은 검출되지 않았다. 스펀지를 전기분해수로 세척·살균 했을 때, TVC를 약 3.2 log CFU/mL 유의적으로 감소시키는 결과가 나타났다. 실질적으로 스펀지 세척기의 기본 세팅인 전기분해 세척수와와의 반응율(분무-압착-탈수의 10회 반복을 1 cycle) 증가시켜 3 cycle까지 진행한 결과 TVC의 유의적 감소는 이루어지지 않았지만, TC과 FC은 >160,000 MPN/100 mL에서 <1.8 MPN/100 mL까지 감소되었다. 스펀지의 TVC에 대한 오염도가 높을수록 성형 후 김을 탈수하는 과정에서 스펀지에 의한 교차오염으로 인해 마른 김의 미생물 오염도가 높아지기 때문에 작업 중 주기적인 스펀지의 살균 및 교체는 필요

하다고 여겨진다.

마른 김 가공 공정에서 전기분해수 적용에 따른 시간별 일반세균수, 대장균군 및 분변계대장균

가공 용수(해수, 담수)의 전기분해수를 적용하지 않은 것과 적용 후의 마른김 가공 공정의 시간별 TVC의 분석 결과는 Table 5와 Table 6에 나타나 있다. 가공 용수의 전기분해장치 및 스펀지 세척기를 적용하였을 때 원초 공정은 0 h, 6 h, 12 h, 24 h에 각각 2.12, 2.10, 2.20, 2.62 log CFU/g, 절단 공정은 각각 2.54, 2.30, 2.23, 2.54 log CFU/g 값으로 적용하지 않았을 때보다 낮게 검출되었다. 전기분해수를 처리하지 않은 원초 저장 탱크에

Table 5. Changes in total viable cell counts of dried laver *Pyropia* sp. before and after application of electrolyzed water at processing steps (S-1 to S-5) depending on plant operating time

(Unit, Log CFU/g)

Lapse of process operating time (h)	Before disinfection					After disinfection				
	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5
0	3.07±0.13 ^{bB}	2.60±0.15 ^{aA}	5.45±0.03 ^{aD}	4.47±0.12 ^{bC}	7.43±0.03 ^{aE}	2.12±0.13 ^{aA}	2.54±0.02 ^{bB}	4.20±0.14 ^{aC}	4.10±0.12 ^{aC}	5.17±0.11 ^{aD}
6	2.86±0.06 ^{abB}	2.51±0.11 ^{aA}	5.26±0.09 ^{aD}	4.41±0.08 ^{aC}	7.53±0.02 ^{aE}	2.10±0.10 ^{aA}	2.30±0.05 ^{aB}	4.88±0.14 ^{cD}	4.26±0.10 ^{aC}	5.17±0.22 ^{aE}
12	2.77±0.05 ^{aA}	3.02±0.13 ^{bB}	5.23±0.04 ^{aD}	4.33±0.08 ^{abC}	7.54±0.10 ^{aE}	2.20±0.04 ^{aA}	2.23±0.07 ^{aA}	4.49±0.10 ^{bC}	4.22±0.21 ^{aB}	6.14±0.13 ^{bD}
24	2.66±0.24 ^{aA}	2.63±0.30 ^{aA}	5.27±0.14 ^{aC}	4.42±0.19 ^{aB}	7.54±0.02 ^{aD}	2.62±0.85 ^{aA}	2.54±0.07 ^{bA}	5.43±0.09 ^{dC}	4.21±0.16 ^{aB}	6.31±0.12 ^{bD}

CFU, colony forming unit. Mean values with different lowercase letters in the same column for by the hour are significantly different ($P<0.05$). Mean values with different uppercase letters in the same row are significantly different ($P<0.05$).

Table 6. Changes in total coliform and fecal coliform of dried laver *Pyropia* sp. before and after application of electrolyzed water at processing steps (S-1 to S-5) depending on plant operating time

(Unit, MPN/100 g)

	Process operating time (h)	S-1		S-2		S-3		S-4		S-5	
		Total coliform	Fecal coliform	Total coliform	Fecal coliform	Total coliform	Fecal coliform	Total coliform	Fecal coliform	Total coliform	Fecal coliform
Before disinfection	0	78	<18	130-330	<18-20	92,200-160,000	<18	92,000-160,000	18	130,000-220,000	<18
	6	45-78	<18	220-700	<18	28,000-160,000	<18	35,000-160,000	<18-20	17,000-79,000	<18-78
	12	78-330	<18-20	130-490	<18	160,000-160,000	<18	92,000-160,000	<18	110,000-170,000	<18-20
	24	<18-20	<18	110-1,300	<18-20	160,000-160,000	20-45	35,000-160,000	<18	540,000-1,600,000	<18
After disinfection	0	<18-20	<18	45-490	20	1,800-24,000	20	810-9,200	<18	4,900-17,000	<18
	6	120-1,100	<18-45	37-700	<18	1,900-14,000	<18	1,300-7,900	<18	2,300-3,300	<18
	12	130-170	<18	210-1,300	<18	490-2,400	<18	490-7,000	<18	33,000-70,000	<18
	24	<18-170	<18	110-1,700	<18	2,500-35,000	<18	4,900-22,000	<18	49,000-130,000	<18

MPN, most probable number.

서의 초기 균수가 3.07 CFU/g으로 나타났는데 이는 실험을 한 4월의 해수온도가 높아진 탓으로 생각되며 앞선 월별 모니터링 결과에서 1월, 2월에 비해 3월의 미생물 오염도가 높았던 결과와 일치한다고 생각된다. 원초에서 절단공정으로 진행되었을 때, 가공 용수의 전기분해수를 적용하지 않은 가공공정에서는 미생물 오염도가 증가하는 경향을 보였지만 적용한 공정은 감소하는 경향을 보였다. 또한 절단에서(S-2) 숙성공정으로(S-3) 진행될 때, TVC는 높게 증가하는 경향을 보였다. 이는 숙성공정에서 물감을 약 3시간 동안 숙성하는 과정 중 배관, 기기와 설비 등의 교차오염으로 인하여 이러한 결과가 나타난 것으로 판단된다. 또한 숙성 후 혼합(S-4)에서 최종 완제품(S-5)으로 공정이 진행됨에 따라 전기분해수를 적용하지 않은 공정에서는 2 log CFU/g이상의 TVC가 증가하였지만 적용한 공정에서는 증가수가 줄어든 것으로 나타났다.

전기분해수를 적용하지 않은 공정의 최종 완제품은 공장가동 0 h, 6 h, 12 h, 24 h 시점에서 각각 7.43–7.54 log CFU/g 정도로 나타났으나, 전기분해수 적용 후의 공정에서는 1–2 log 만큼 감소된 결과를 보여주었다. 공장 가동시간이 경과함에 따라 전기분해수를 적용한 공정의 완제품에서도 5.17에서 6.31 log CFU/g까지 증가하였는데 이는 실험을 진행한 4월의 기온이 겨울에 비해 높아져서 가공용수의 온도상승과 배관, 기기, 설비에 의한 교차 오염 등의 여러가지 오염 요소에 의한 영향으로 여겨진다.

시판되는 마른김에서는 총 세균수는 3.3×10^5 에서 6.5×10^6 CFU/g, 총대장균수는 <18에서부터 1,800 MPN/100 g까지 검출되었다는 보고하였고(Son et al., 2014), 또 다른 연구 결과에서도 6 log CFU/g 이상의 TVC를 나타내었다(An and Lee, 2000; Jo et al., 2004). Noh et al. (2019)에 따르면 국내 시판중인 마른김 시료 43개의 평균 세균수가 6.9 ± 0.87 log CFU/g이 검출되었고, 최저 4.0 log CFU/g에서 최대 7.7 log CFU/g이라고 보고하였다. 식품의약품안전처의 식품의 기준 및 규격에 따르면 수산가공식품류에 어육가공품, 젓갈류, 조미김과 단순가공 수산물로 건포류, 한천 등에 대한 기준은 있으나 마른김에 대한 기준은 없는 실정이다. 현재 법률상 마른김에 대한 위생 기준은 존재하지 않지만 이들은 조미김이나 김밥용 김의 원료로서도 이용되기 때문에 생산공정에서 미생물학적 관리는 필요하다. 이와 함께 해수와 담수가 마른 김 가공용수로써 수질기준에 적합할 수 있는 제도적인 방안도 검토되어야 한다. 가공용수는 최종 완제품이 생산되기까지 모든 공정에서 사용되기 때문에 미생물 오염도에 가장 큰 영향을 미친다. 또한 성형-압착공정에서 사용되는 스펀지는 김과 접촉할 때 흡수하고 있던 물이 빠져 나오게 되면서 김에 미생물 증식과 교차오염의 매개체로 작용할 수 있다. 마른김 가공공정에서 최종 완제품이 생산되기까지 단계별로 미생물학적 오염 요소들이 많이 존재하지만 전기분해수를 이용한 가공 용수의 적용과 사용하는 스펀지를 수시로 살균 처리하고 교체한다면 마른김 완제품에서의 미생물 오염도를 낮출 수 있을 것으로 판단되어진다.

사 사

본 연구는 목포대학교 2021학년도 연구년 교수 지원 사업에 의하여 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

References

- Ahn HJ, Yook HS, Kim DH, Kim S and Byun MW. 2001. Identification of radiation-resistant bacterium isolated from dried laver (*Porphyra tenera*). J Korean Soc Food Sci Nutr 30, 193-195.
- 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.
- Baek EY. 2020. A study on the current state and problems of laver drying-processing industry. J Fish Mar Sci Edu 32, 713-724. <https://doi.org/10.13000/JFMSE.2020.6.32.3.713>.
- Choi JD and Jeong WG. 2001. Bacteriological and physiochemical water quality of seawater in Tongyeong harbor, Korea. J Korean Fish Soc 34, 611-616.
- Han AR. 2017. Effect of microbial reduction in dried laver and its processing by sterilizer and UV irradiation. M.S. Thesis, Mokpo National University, Muan, Korea.
- Huang YR, Hung YC, Hsu SY, Huang YW and Hwang DF. 2008. Application of electrolyzed water in the food industry. Food Control 19, 329-345. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2007.08.012>.
- 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>.
- Jeong SH, Shin SB, Oh EG, Jo MR, Yoon MC, Lee HJ and Son KT. 2017. Sanitary evaluation for seawater and laver *Pyropia* sp. in the major laver growing areas, Korea. Korean J Fish Aquat Sci 50, 343-351. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0343>.
- 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>.
- 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. <https://doi.org/10.9721/KJFST.2014.46.6.778>.
- Kim BR, Kim KBWR, Kim MJ, Kang BK, Bark SW, Pak WM, Ahn NK, Choi YU and Ahn DH. 2015. Effect of electrolyzed water for reducing coliform bacteria on *Undaria pinnatifida*. Microbiol Biotechnol Lett 43, 31-37. <https://doi.org/10.4014/mbl.1410.10003>.
- Kim MH, Jeong JW and Cho YJ. 2004. Cleaning and storage

- effect of electrolyzed water manufactured by various electrolytic diaphragm. Korean J Food Preserv 11, 160-169.
- 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. <https://doi.org/10.11002/kjfp.2016.23.1.139>.
- Kwon K, Ryu DG, Jeong MC, Kang EH, Jang Y, Kwon JY, Kim JM, Shin IS and Kim YM. 2018. Analysis of microbial contaminants and microbial changes during dried-laver *Pyropia* spp. processing. Korean J Fish Aquat Sci 51, 8-14. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2018.0008>.
- Lee HJ, Byun HS, Kim JH, Park HY, Jung KJ and Lee TS. 1999. Bacterial contamination of dried laver products. Bull Nat Fish Res Dev Ins 57, 211-226.
- Lee SJ, Sung NJ and Kang SK. 2014. Effect of acidic electrolyzed water on the quality improvement of boiled-dried anchovy. Korean J Food Preserv 21, 357-364. <https://doi.org/10.11002/kjfp.2014.21.3.357>.
- Lee TK, Lee HJ, Byun HS, Kim JH, Park MJ, Park HY and Jung KJ. 2000. Effect of heat treatment in dried lavers and modified processing. J Korean Fish Soc 33, 529-532.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2020. Korean Food Standards Codex. Retrieved from http://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_01.jsp on Jan 7, 2020.
- Noh BY, Hwang SH and Cho YS. 2019. Microbial contamination levels in *Porphyra* sp. distributed in Korea. Korean J Fish Aquat Sci 52, 180-184. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2019.0180>.
- Noh SY. 2016. Study on bacterial monitoring during manufacturing process and storage of the seasoned laver. M.S. Thesis, Sungkyunkwan University, Suwon, Korea.
- Ock YS. 2010. Some schemes for the sustainable development of Korean laver industry. J Fish Bus Adm 41, 25-44.
- Son KT, Lach T, Jung Y, Kang SK, Eom SH, Lee DS, Lee MS and Kim YM. 2014. Food hazard analysis during dried-laver processing. Fish Aqua Sci 17, 197-201. <https://doi.org/10.5657/FAS.2014.0197>.
- Techcross Holdings Inc. 2019. Method for Manufacturing Dry Laver Using Sterilized and Purified Water. Korean Patent 10-2031119, Korean Intellectual Property Office, Daejeon, Korea.
- Teng H, Lee SH and Lee WY. 2013. Sterilization effect on mulberries (*Morus alba* L.) washed with electrolyzed water and chlorine dioxide. J East Asian Soc Diet Life 23, 654-661.
- Yoo JY and Jang KI. 2011. Changes in quality of soybean sprouts washed with electrolyzed water during storage. J Korean Soc Food Sci Nutr 40, 586-592. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2011.40.4.586>.