활어회의 미생물학적 안전성

Current Microbiological Safety of Sliced Raw Fish

윤재현, 배영민, 오세욱[1], 이선영*

Jae-Hyun Yoon, Young-Min Bae, Se-Wook Oh[1], Sun-Young Lee*

중앙대학교 식품영양학과

[1]국민대학교 자연과학대학 식품영양학과

Department of Food and Nutrition, Chung-Ang University

[1]Department of Food and Nutrition, Kookmin University

1. 서론

식생활 수준의 향상과 더불어 구제역과 광우병 등 축산 분야의 질병 발생이 빈번히 보고됨에 따라 수산식품은 축산물의 대체 식품으로 각광받게 되었고 단백질 및 필수 지방산 등의 영양소 섭취를 위한 건강식으로 인식되어 소비가 크게 증가하고 있다(Borresen, 2009; 박신영 등, 2012). 국내에서도 수산물의 생산금액은 2015년에 7조원 이상의 규모를 기록하였으며, 어업생산량은 2015년에 333만 1천톤으로 전년 대비 2만 6천톤(0.8%)이 증가하였다(통계청, 2015). 수산식품은 국내의 식량자원 측면에서 차지하는 비중이 매우 크며 특히 많은 소비자가 활어회의 섭취에 높은 선호도를 나타내고 있다(김윤범 등, 2008; 최은숙 등, 2012). 하지만, 수산물은 어획 후 사후변화 및 품질이 빨리 저하되는 등 변패가 쉽고 유통과 가공 및 소비 등 여러 경로에서 미생물학적 오염이 쉽게 일어날 수 있어 위생관리가 매우 중요하다.

병원성 세균은 수산식품 매개 감염성 식중독의 주요 원인으로 지목되고 있으며, 최근 굴, 홍합, 조피볼락을 비롯한 각종 수산물로부터 다양한 병원성 세균의 검출이 보고되었다 (Givens 등, 2014; Huh and Cho, 2014; Vongkamjan 등, 2015). 수산물의 식중독에 관련된 주요 병원성 세균으로는 *Vibrio parahaemolyticus*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* enterica, *Shigella* spp., *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium botulinum* 등이 있으며 이외에도 노로바이러스에 의한 식중독이 보고되고 있다(김윤범 등, 2008; Iwamoto 등, 2010; 정순영 등 2014). 특히, *V. parahaemolyticus*(장염비브리오균)에 의한 식중독은 매년 지속적으로 발생되어 왔으며, 연간 발생하는 장염비브리오 식중독의 86%가 매년 6-9월 중 집중되어 각별한 주의와 관리가 필요하다. 장염비브리오는 해수에 상재하는 호염성 그람 음성균으로 어패류를 즐겨 섭취하는 우리나라와 일본을 비롯하여 중국, 대만, 태국 등 많은 아시아 국가

* Correspondence to: Sun-Young Lee
Department of Food and Nutrition, Chung-Ang University,
4726 Seodong-daero Anseong-si Gyeonggi-do 456-756, South Korea
Tel: +82-31-670-4587 Fax: +82-31-676-8741 E-mail: nina6026@cau.ac.kr

에서 문제가 되고 있다. 이 균은 해수온도가 15℃이상이 되면 증식을 시작하며, 하절기에 따듯해진 바닷물에서 급격히 증식한 장염비브리오가 부착된 어류, 패류, 연체동물 등의 표피와 내장 및 아가미 등을 섭취할 때 식중독이 발생한다. 국내 소비가 많은 수산물 가공품과 횟감의 경우 별도의 가열 및 조리 과정을 거치지 않고 바로 섭취되는 특성상 병원성 세균에 노출될 위험이 매우 높아 식중독의 원인으로 작용될 수 있다. 더 나아가, 수산식품의 안전성에 대한 소비자들이 욕구가 크게 높아짐에 따라 이러한 가열처리 없이 소비되는 활어회 등에 대한 가공 혹은 유통과정에서의 철저한 위생관리가 매우 절실하다. 본 원고에서는 국내 활어회의 생산 및 소비 현황, 수산 식품과 관련된 국내 식중독 사례, 수산물 관련 국내외 기준 및 모니터링 연구결과 등에 대하여 현황에 대한 고찰을 토대로 현재의 국내 활어회의 미생물적 위해도를 평가하여 활어회의 안전성을 높일 수 있는 위생관리 방안을 마련하는데 기초자료를 마련하고자 한다.

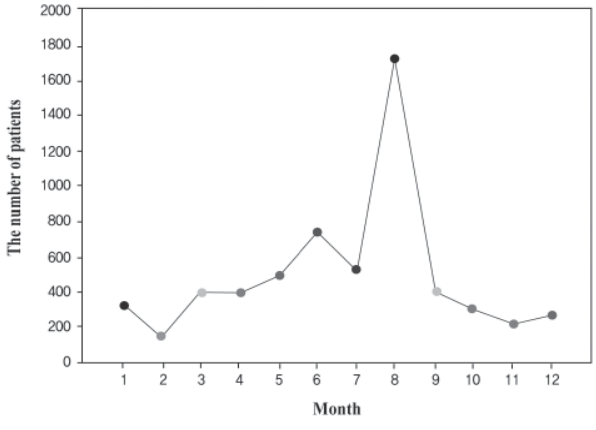
2. 국내 활어회의 생산량 현황

표 1은 2010-2015년 국내 양식어업의 주요 품종별 생산량을 보여주고 있다. 활어회로 사용되는 생선으로는 넙치와 조피볼락의 생산량이 가장 높으며 그 다음으로 숭어와 참돔 등이 높은 생산량을 나타내고 있다. 각각 생산량은 2015년 넙치는 45,739톤, 조피볼락은 18,655톤이고, 숭어는 6,834톤, 참돔은 6,169톤으로 나타났다. 조피볼락을 제외한 나머지 횟감용 어류의 생산량은 매년 지속적으로 증가하였으며, 특히 2015년 참돔의 생산량과 생산금액은 2013년 대비 약 1.5배 이상의 성장률을 기록하였다. 국내의 활어회에 대한 미생물적 안전관리 방안을 수립할 시 다소비 활어회로 소비와 생산이 높은 넙치와 조피볼락에 대한 고려가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

3. 국내 식중독 발생 현황

표 2는 국내 식중독의 원인 병원성 세균별 식중독 발생 통계를 보여주고 있다. 식중독 발생현황 통계자료에 따르면, 우리나라는 최근 5년 동안 1,531건 (35,188명)의 식중독이 보고되었으며, 세부적으로는 2010년 271건 (7,218명), 2011년 242건 (6,781명), 2012년 253건 (5,761명), 2013년 202건 (4,442명), 2014년 321건 (5,777명), 2015년 242건 (5,209명)으로 매년 높은 수준을 나타내고 있으며, 학교 및 기업체 등의 집단급식소 내에서 식중독 환자가 급격히 증가하는 추세이다. 식중독의 원인으로는 자연독과 화학물질, 바이러스 및 병원성 세균 등에 의한 생물학적 요인과 기타 여러 원인 (불명)에 의하여 식중독이 발생하는 것으로 나타났다. 이 중, 생물학적 요인에 의한 식중독은 병원성대장균, 노로바이러스, 캠필로박터, 살모넬라, 클로스트리디움 및 장염비브리오 등이 식중독의 주요 원인으로 나타났다.

장염비브리오에 의한 식중독은 2011년-2015년 동안 37건 (471명)으로 매년 지속적으로 발생되어 왔으며, 특히 연간 발생하는 장염비브리오 식중독의 86%가 매년 6-9월 중 집중되어 각별한 주의와 관리가 필요하다(그림 1). 장염비브리오는 thermostable direct hemolysin



[식품의약품안전처 식중독 발생 통계자료 2015]

〈그림 1〉 2015년 월별 국내 식중독 환자 발생 통계

표 1. 2010–2015년 국내 양식어업 주요 품종별 생산량(톤) 및 생산금액(백만원)

품종/연도		2010	2011	2012	2013	2014	2015
넙치	생산량[1)]	40,925	40,805	39,371	36,944	42,137	45,739
	생산금액	489,793	461,339	436,694	435,156	403,510	503,862
조피볼락	생산량	20,918	17,338	23,085	23,757	24,592	18,655
	생산금액	197,478	151,888	149,668	179,143	207,444	184,767
숭어	생산량	4,657	4,850	5,839	4,788	4,839	6,834
	생산금액	28,578	31,142	34,898	33,014	34,101	48,399
참돔	생산량	6,300	3,498	2,870	2,755	4,066	6,169
	생산금액	64,208	45,381	40,360	34,723	39,526	53,245
굴	생산량	267,776	281,022	284,856	239,836	284,106	266,786
	생산금액	169,827	193,940	176,999	139,783	202,352	184,403
홍합	생산량	54,440	70,416	61,310	34,429	51,655	53,879
	생산금액	28,682	32,401	29,003	14,835	17,692	20,850
전복	생산량	6,228	6,779	6,564	7,479	8,980	7,114
	생산금액	228,411	238,905	240,083	247,598	296,962	233,376
바지락	생산량	23,430	25,699	12,623	4,580	7,441	10,276
	생산금액	49,224	57,110	33,640	12,514	18,974	25,931
김	생산량	235,534	316,428	349,827	405,800	416,024	390,314
	생산금액	230,588	220,792	277,438	273,484	325,813	319,590
미역	생산량	393,616	394,003	339,924	327,890	283,714	322,061
	생산금액	62,749	75,607	77,756	63,977	70,876	70,115
다시마	생산량	241,322	246,701	308,601	392,664	372,311	442,801
	생산금액	47,150	43,150	50,190	78,987	81,639	78,416
톳	생산량	21,133	23,351	13,024	13,160	16,563	28,157
	생산금액	20,699	17,272	12,924	8,135	11,263	15,228

[통계청 어업생산동향 보도자료 2015]

표 2. 2011–2015년 국내 식중독 발생 통계

구분	2011년		2012년		2013년		2014년		2015년	
	건수	환자수	건수	환자수	건수	환자수	건수	환자수	건수	환자수
병원성 대장균	32	2,109	31	1,844	31	1,089	38	1,784	39	2,138
살모넬라	24	1,065	9	147	13	690	24	1,416	13	202
황색포도상구균	10	323	5	35	5	63	15	195	11	191
장염비브리오	9	133	11	195	5	40	7	78	5	25
캠필로박터 제주니	13	329	8	639	6	231	18	490	22	805
바실러스 세리우스	6	98	6	111	8	112	11	49	6	22
클로스트리디움 퍼르린젠스	0	0	0	0	0	0	28	1,689	15	394
노로바이러스	31	1,524	50	1,665	43	1,606	46	739	58	996
기타 바이러스	2	20	0	0	0	0	4	102	2	9

[식품의약품안전처 식중독 발생 통계자료 2016]

(TDH) 독소를 분비하여 식중독을 유발하거나 복통, 설사, 혈변, 구토 및 발열 등의 장염 질환을 유발하는 병원성 세균이다. 일반적으로 해양수산물 및 해수로부터 장염비브리오의 검출은 해수의 온도가 10℃이상으로 상승하는 여름철(7–9월)에 집중적으로 보고되어 seasonal-dependent한 특성이 있으며, 이러한 검출현황은 국내·외의 잠염비브리오 식중독의 발생현황과 매우 높은 상관성을 나타내었다. 또한, 해수의 salinity가 20–40% 범위 내에 속하는 여름철에 굴과 홍합으로부터 장염비브리오의 검출률이 유의적으로 높은 것이 보고되었다(황경화 등, 2008; Cruz 등, 2015).

4. 국내 · 외 수산물 관련 미생물 기준

한국, 중국, 일본, 미국, 유럽, 호주 등 국내 · 외 수산물과 관련된 미생물 기준은 표 3과 같다. 국내 수산물에 대한 오염도 관리 기준은 총균수 및 대장균군이 각각 $< 10^5$/g와 $< 10^1$/g이며, 병원성 세균의 경우 살모넬라와 리스테리아가 음성이고 장염비브리오와 황생포도상구균이 $< 10^2$/g을 만족하여야 한다. 미국의 경우 일반세균은 5개 시료 중 15×10^5/g 시료가 1개 이하 또는 5 $\times10^5$/g 시료가 2개로 검출되어야 하며, 대장균군은 5개 시료 중 330 MPN/100 g 시료가 1개 이하 또는 230 MPN/100 g 시료가 2개를 만족하여야 한다. 병원성 세균은 살모넬라, 황색포도상구균 및 리스테리아가 10^4 MPN/g 이하로 검출되어야 하며, 장염비브리오의 경우 즉석섭취에는 10^4/g이하, 어패류에는 30 MPN/g이하이다. 유럽과 호주는 일반세균과 대장균군에 대한 기준이 불확실하며, 병원성 세균에만 수산물 관련 미생물 규격이 마련되어 있다. 세부적으로 살모넬라는 음성을 나타내어야 하며, 황색포도상구균은 조리된 갑각류 및 패류에서 10^{2-3}/g 이하로 검출되어야 한다. 일본은 가열 후 섭취 냉동식품을 대상으로 10^5–3×10^6/g 이하의 총균수 기준을 규정하였으며, 수산물로부터 대장균군의 검출을 불허한다. 일본의 수산물 관련 병원성 세균 기준은 비가열섭취식품 음성 또는 10^2 MPN/g 이하로 조사되었다. 마지막으로, 중국의 수산물에 대한 병원성 세균의 오염도 관리 기준은 살모넬라 음성, 황생포도상구균 10^{2-3} CFU/g 및 장염비브리오 10^{2-3} MPN/g 을 충족시켜야 한다.

표 3. 국내 · 외 횟감류 및 수산물에 대한 미생물 규격

미생물	한국[a]	미국[a]	EU[a]	호주[a]	일본[a]	중국
총균수	$< 10^5$/g	5개의 시료 중 1개의 시료가 $< 15 \times 10^5$/g, 또는 2개의 시료가 5×10^5/g	–	–	10^5–3×10^6/g	–
대장균군	< 10/g	5개의 시료 중 1개의 시료가 < 330 MPN/100g, 또는 2개의 시료가 < 230 MPN/g	–	–	음성	–
살모넬라	음성	$< 10^4$ MPN/g	음성/25 g	음성	$< 10^2$ MPN/g, 또는 음성 (비가열 섭취식품)	음성
황색포도상구균	$< 10^2$ /g	$< 10^4$ MPN/g	10^{2-3}/g	10^{2-3}/g		10^{2-3} CFU/g
장염비브리오	$< 10^2$ /g	$< 10^4$ MPN/g (즉석섭취식품), < 30 MPN/g (어패류)	–	음성		10^{2-3} MPN/g
리스테리아	음성	$< 10^4$ MPN/g	–	음성		–

[a] 참고문헌: 김진희 등, 2007; EU, 2007; FDA, 2011; NPFPC, 2014; 식품의약품안전처, 2015.

5. 국내 · 외 활어회 및 수산식품에서의 병원성 세균 오염도 조사

국내·외 횟감 및 수산식품에서의 병원성 세균 오염도를 분석한 연구 논문의 결과를 표 4에 요약하였다. 조피볼락, 새우, 장어, 도미, 굴 및 홍합 등 다양한 수산물과 활어회에 대한 병원성 세균의 모니터링이 이루어졌다. 종합적으로, 장염비브리오의 오염도는 3-100%로 나타났으며, 그 외 *V. cholerae*와 *V. vulnificus*가 굴, 홍합 및 지역어류로부터 검출되었다. 그 밖에 바실러스 세레우스, 살모넬라, 리스테리아 모노사이토젠스, 황색포도상구균 등과 같은 병원성 세균이 여러 수산물로부터 분리/검출되었다. 국내외 횟감이나 수산식품의 모니터링 연구에서는 비브리오 종이 주로 조사되었으며, 실제로 비브리오 이외의 다른 병원성 미생물의 오염도는 비브리오에 비해 낮은 것으로 나타났다.

표 4. 국내 · 외 횟감 및 수산식품의 병원성 미생물 오염도 분석 결과

시료	병원성 세균	오염도	참고문헌
넙치	황색포도상구균	0/125(0.0%)	한국해양과학기술진흥원 연구과제, 2016
조피볼락	황색포도상구균	1/125(0.8%)	
새우	황색포도상구균	74/300(24.6%)	Arfatahery 등, 2015
굴	장염비브리오	190/235(81.0%)	Cruz 등, 2015
홍합	장염비브리오	19/55(34.0%)	
새우	리스테리아 모노사이토젠스	13/222(5.9%)	Vongkamjan 등, 2015
지역어류	장염비브리오	10/14(71.0%)	Givens 등, 2014
	Vibrio vulnificus	17/28(61.0%)	
조피볼락	*Vibrio cholerae*	2/9(22.2%)	Huh and Cho, 2014
	장염비브리오	7/9(77.7%)	
굴	*Vibrio cholerae*	6/68(8.8%)	Jones 등, 2014
	장염비브리오	98/98(100.0%)	
홍합	*Vibrio cholerae*	1/30(3.3%)	
	장염비브리오	98/98(100.0%)	
새우	장염비브리오	78/111(70.3%)	Xu 등, 2014
조피볼락	장염비브리오	7/7(100.0%)	성창현 등, 2010
바다 장어	장염비브리오	9/26(34.6%)	
숭어	장염비브리오	2/5(40.0%)	
활어회	황색포도상구균	7/80(8.8%)	김하규 등, 2008
	리스테리아 모노사이토젠스	1/80(1.3%)	
넙치	황색포도상구균	5/20(25.0%)	김윤범 등, 2008
	살모넬라	2/20(10.0%)	
	바실러스 세레우스	7/20(35.0%)	
넙치	장염비브리오	133/166(80.1%)	김수미 등, 2005
조피볼락	장염비브리오	8/166(4.8%)	
도미	장염비브리오	6/166(3.6%)	
수산물 (횟감류, 초밥류, 연체수생동물류, 갑각류, 조개류)	황색포도상구균	1/224(0.4%)	식약처 연구보고서, 2011
	Vibrio spp.	41/224(16.8%)	

또한 실제로 본 연구실에서 2016년 여름(7-8월) 안성시에 위치한 식품접객업소를 대상으로 활어회(넙치와 조피볼락)를 무작위 수거하여 병원성 세균 오염도를 분석한 결과를 표 5에 요약하였다. 총 50 마리의 활어회에 대한 병원성 세균의 모니터링 결과 넙치의 총균수 오염도는 부위별(가식부위와 내장/아가미)로 각각 2.84-4.16 Log_{10} CFU/g과 2.82-4.28 Log_{10} CFU/g로 나타났으며, 대장균군의 경우 가식부위와 내장/아가미로부터 각각 < 0.48-3.29 Log_{10} CFU/g 및 < 0.48-2.64 Log_{10} CFU/g 수준의 오염을 기록하였다. 조피볼락은 가식부위로부터 2.35-3.58 Log_{10} CFU/g 및 2.32-2.48 Log_{10} CFU/g 수준의 총균수와 대장균군이 검출되었으며, 내장/아가미에서도 이와 비슷

표 5. 국내 유통중인 활어회의 병원성 미생물 오염도(Log_{10} CFU/g) 분석 결과

미생물 정량평가	넙치 (n=25)		조피볼락 (n=25)	
	가식부위	내장/아가미	가식부위	내장/아가미
총균수	2.84-4.16	2.82-4.28	2.35-3.58	3.03-3.86
대장균군	<0.48[a]-3.29	<0.48-2.64	2.32-2.48	0.48-2.88
장염비브리오	음성[b]	음성	음성	음성
황색포도상구균	음성	음성	음성	음성
살모넬라	음성	음성	음성	음성
리스테리아	음성	음성	음성	음성

[a] Detection level.

[b] Qualitative evaluation.

한 범위의 총균수와 대장균군이 측정되었다. 그러나, 표 4의 연구결과와는 달리 본 실험에 사용된 활어회로부터 장염비브리오, 살모넬라, 리스테리아 모노사이토젠스 및 황색포도상구균과 같은 병원성 세균은 검출되지 않았다. 이는 낮은 모니터링 수와 검출법의 차이 때문으로 사료된다. 2011년 식약처 연구보고서에서도 비브리오가 갑각류나 조개류에서 주로 검출되었으며, 활어회에서는 검출되지 않아 유사한 연구결과를 나타내었다. 따라서 활어회에 대한 병원성 세균의 오염도 조사는 검사법과 지역이나 계절에 따른 차이가 있는 것으로 나타나, 비브리오 등의 병원성 세균을 수산물에 대하여 조사할 수 있는 표준화된 검사법의 개발이 필요하며, 검사 후 미생물의 확인을 위한 정확한 동정이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

6. 감사의 글

본 원고는 2016년 국토 해양부의 재원으로 한국해양과학기술진흥원의 지원(다소비 횟감의 위생 안전성 확보 및 소비촉진을 위한 식품위해인자 검출기술개발, 과제번호: 20130281)을 받아 수행된 연구임에 이에 감사 드립니다.

참고 문헌

1. 김수미, 원경미, 우승호, 이화, 김은전, 최광진, 조미영, 김명석, 박수일: 질병의 증상을 보이는 해수 양식 어류에서 분리한 비브리오속 세균, *J. Fish Pathol.* 18: 133-145 (2005)

2. 김윤범, 문영건, 하진환, 감상규, 송춘복, 오명철, 허문수: 제주 동안 넙치 양식장의 미생물학적 오염도 조사, J. Life. Sci. 18: 395-402 (2008)

3. 김진희, 양지영: 수산물의 위생관리, 한국식품위생안전성학 회지, 9, 19-27 (2007)

4. 성창현, 천정환, 현지연, 황인균, 곽효선, 윤상현, 이정수, 정윤희, 송광영, 서건호: 시판횟감 어류에서의 *Vibrio parahaemolyticus* 분포 및 항생제 감수성에 관한 연구, Kor. J. Vet. Publ. Hlth. 34, 197-202 (2010)

5. 정순영, 배영민, 오세욱, 이병철, 이선영: 활어회의 소비와 미생물 안전성, Safe Food 9: 33-42 (2014)

6. 최은숙, 김남희, 이순호, 이민석: 수산식품과 세균, Safe Food 7: 1-13 (2012)

7. 식품의약품안전처: 식품공전. 2016. 06. 30 고시 (2016)

8. 식품의약품안전처: 원인식품별 식중독 발생현황. Available at: http://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/healthyfoodlife/foodPoisoningStat.do?menu_no=519&menu_grp=MENU_GRP02 (2016)

9. 통계청: 어업생산동향 보도자료. Available at: http://kostat.go.kr/portal/korea/kor_nw/2/1/index.board?bmode=read&aSeq=351607 (2015)

10. 황경화, 공용우, 이제만, 고종명, 김용희: 인천연안해역의 *Vibrio*속 세균분포 및 증식 특성, *J. Environ. Eng. Res.*, 23.31-38 (2008)

11. Arfatahery, N., Mirshafiey, A., Abedimohtasab, T. P., and Zeinolabedinizamani, M.: Study of the prevalence of *Staphylococcus aureus* in marine and farmed shrimps in Iran aiming the future development of a prophylactic vaccine. Procedia Vaccinol. 9: 44-49 (2015)

12. Borresen, T.: Seafood for improved health and wellbeing. Food Technol. 63: 88 (2009)

13. Cruz, C. D., Hedderley, D., and Fletcher, G. C.: Long-term study of *Vibrio parahaemolyticus* prevalence and distribution in New Zealand shellfish. Appl. Environ. Micriobiol. 81, 2,320-2,327 (2015)

14. European Union: Commision regulation (EC) No 2073/2005 of 15 November 2005 on microbiological criteria for foodstuffs. Available at: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32005R2073&from=en (2007)

15. Food and Drug Administration: FDA and EPA safety levels in regulations and guidance. In: Fish and fishery products hazards and controlsw guidance (4th edition), pp. 439-442 (2011)

16. Givens, C. E., Bowers, J. C., DePaola, A., Hollibaugh, J. T., Jones, J. L.: Occurrence and distribution of *Vibrio vulnificus* and *Vibrio parahaemolyticus* - potential roles for fish, oyster, sediment and water. Lett. Appl. Microbiol. 58: 503-510 (2014)

17. Huh, M. K., and Cho, K. S.: Seasonal occurrences and distribution of vibrio at Busan markets in Korea. Indian J. Geo Mar. Sci. 43: 233-240 (2014)

18. Iwamoto, M., Ayers, T., Mahon B. E. and Swerdlow D. L.: Epidemiology of seafood- associated infections in the United States. Clin. Microbial. Rev, 23, 399-411 (2010)

19. National Health and Family Planning Commission of People's Republic of China - GB 29921-2013: Food safety national standard limit of pathogens in food products. Available at: http://cexgan.magrama.es/MODULOS05/Documentos/GB29921-2013-PatogenosEnAlimentos.pdf (2014)

20. Ryu, K.: Outbreaks of domestic and foreign food poisoning. Ind. Health. 197: 44-48 (2004)

21. Vongkamjan, K., Fuangpaiboon, J., Jirachotrapee, S., and Turner, M. P.: Occurrence and diversity of *Listeria* spp. in seafood processing plant environments. Food Cont. 50: 265-272 (2015)

22. Xu, X., Wu, Q., Zhang, J., Cheng, J., Zhang, S., and Wu, K.: Prevalence, pathogenicity, and serotypes of *Vibrio parahaemolyticus* in shrimp from Chinese retail markets. Food Cont. 46: 81-85 (2014)