식품안전관리를 위한 미생물학적 위해순위도구의 응용

Application of Microbiological Risk Ranking Tool for Food Safety Management

민경진 · 윤기선*
Min, Kyung Jin · Yoon, Ki Sun*

경희대학교 식품영양학과
Department of Food and Nutrition, Kyung Hee University

1. 서론

WTO 출범과 함께 식품의 국제적인 교역이 급증하면서 수입식품의 증가, 기후변화에 따른 농약 및 항생물질의 사용증가, 식품생산 및 유통환경, 식품섭취 형태의 변화는 식품의 안전을 위협하는 위해의 범위 및 대상의 다양성을 초래하게 되고 안전관리를 해야 하는 대상과 방법에 있어서도 큰 변화를 요구하게 되었다. 식품안전관리 범위인 Farm to Table에서의 식품환경의 복잡성과 다양성이 새로운 위해분석 (Risk analysis)기법을 요구하고 있으며 무엇보다도 관리해야 하는 수많은 위해요소 및 식품 중에서 위해관리의 우선순위를 설정 하는 것은 한정된 자원으로 위해관리의 효율성을 높이기 위해 매우 중요하다.

식품의 위해분석은 식품안전 분야에서 일관성, 과학성 및 투명한 의사결정을 위하여 미국과학원 (NAS)에서 1983년 처음으로 제안한 모델이다. 식품 중 위해요소 (Hazard)의 위해성에 대한 분석은 과학적으로 이루어진 위해평가 (Risk assessment) 결과에 의거하여 식품중 위해요소의 잔류나 오염을 경감시키기 위한 대책을 수립하는 위해관리 (Risk management), 소비자나 이해관계자들과 위해요소의 위해성에 대한 정보교환을 하는 위해정보교류 (Risk communication)라는 세 가지 작업이 유기적으로 연결되어 진행된다. 본 원고는 최근 미생물 위해평가 방법 중 반 정량적 미생물 위해평가로 사용되어지는 Risk ranking tool의 국제적 발전 경향과 현재 사용가능한 Risk Ranger와 Fresh Produce Risk Ranking Tool에 대한 소개를 하고자 한다.

2. Microbiological Risk Assessment

위해평가 (Risk Assessment)란 인체가 위해요소에 노출되었을 때 발생할 수 있는 유해영향과 발생확률을 과학적으로 평가하는 기술로 정의되고 있다. 위해평가를 좀 더 간단하게 이해하자면 위해평가는 우리가 무엇을 알고 있고 우리

*Corresponding author : Ki Sun Yoon
E-mail : ksyoon@khu.ac.kr

가 알고 있는 것을 얼마나 확신하는가를 나타내기 위하여 무엇이 잘못될 수 있고, 얼마나 잘못될 수 있는 가능성이 있으며, 그에 따른 결과는 무엇이며 그 결과에 영향을 주는 요소들이 무엇이 될 것인가에 대한 질문에 대답을 하는 과정이다. 위해평가는 위해평가를 하는 방법 및 복잡성에 따라 정성적 위해평가 (qualitative risk assessment), 반 정량적 위해평가 (semi-quantitative risk assessment), 정량적 위해평가(quantitative risk assessment)로 구분할 수 있다.

어떠한 미생물 위해평가 방법을 사용할지는 위해평가의 목적과 사용가능한 데이터 수준에 따라서 결정하는 것이 가장 중요하다. 정성적 위해평가는 식품에 오염된 위해요소의 심각성과 오염된 식품을 섭취함으로써 건강에 악영향을 미칠 수 있는 가능성에 따라 위해 (risk)의 정도를 higher, moderate, lower risk로 구분하여 식품과 위해요소 조합들 간의 위해가능성이 높고 낮음을 상대적으로 비교할 수 있다. 정량적 미생물 위해평가는 어떤 특정 병원성 미생물에 의해 오염된 식품을 섭취한 경우, 그 병원성 균에 의해 감염이 일어날 확률을 정량적으로 평가하는 과정이다. 정량적 미생물 위해평가의 일반적인 절차는 위해요소의 인체 내 독성을 확인하는 위험성 확인 (hazard identification), 위해요소가 인체에 노출된 양을 산출하는 노출 평가 (exposure assessment), 위해요소가 인체에 미치는 영향에 대한 위험성 결정 (hazard characterization), 위해요소가 인체에 얼마만큼 위해한지 정량적, 확률적으로 산출하는 위해도 결정 (risk characterization)의 4단계로 나눌 수 있다. 정량적 미생물 위해평가를 통해 위해평가 전 과정에 고려된 자료를 토대로 식중독 발생 정도 또는 사망률 등 사람에게 미칠 수 있는 위해의 정도를 산출하여 현 노출수준이 건강에 미치는 유해영향을 판단하고 안전관리 목표치를 제시할 수 있다. 국외에서 수행되어진 정량적 미생물 위해평가 연구의 예는 Table 1과 같다.

최근 국제적으로 정량적 미생물 위해평가를 실시하기 위하여 오랜 시간, 비용 및 인력자원의 소모가 많은 문제점이 제시되면서 위해관리를 위해 정량적 미생물 위해평가가 필요한 식품과 병원성 세균의 조합을 우선적으로 결정하기 위하여 위해순위 도구(risk ranking tool)를 개발하여 반 정량적 위해평가 (semi-quantitative risk assessment) 연구가 수행되고 있다.

3. Risk ranking 도구와 Risk prioritization

미생물 위해평가에 있어서 잠재적 위해식품과 식품에 오염된 위해미생물과의 조합에 대한 위해순위 (risk ranking) 결정은 효율적 식품안전관리와 risk communication에 매우 중요하다. Risk ranking은 "Hazard ranking", "Risk attribution" "Comparative risk assessment" 란 용어로도 언급된다. Risk ranking의 주목적은 Risk prioritization 이다. Risk prioritization은 특정 식품, 위해요소, 관리방법 조합의 시나리오를 비교하는 risk ranking에 추가적인 기준치로 관리방법의 비용과 관리방법 적용의 가능성 및 효과성, 그리고 소비자의 관심 및 정치적인 의지를 고려하여 결정한다.

국외의 식품안전관리를 위한 위해순위 결정 연구는 2003년 미국 식품안전성 연구협회(U.S. Food Safety Research Consortium, FSRC)에서 식중독 위해순위 모델 (Foodborne Illness Risk Ranking Model, FIRRM) 개발을 시작으로, 2009년에는 식품 내 고 위험성

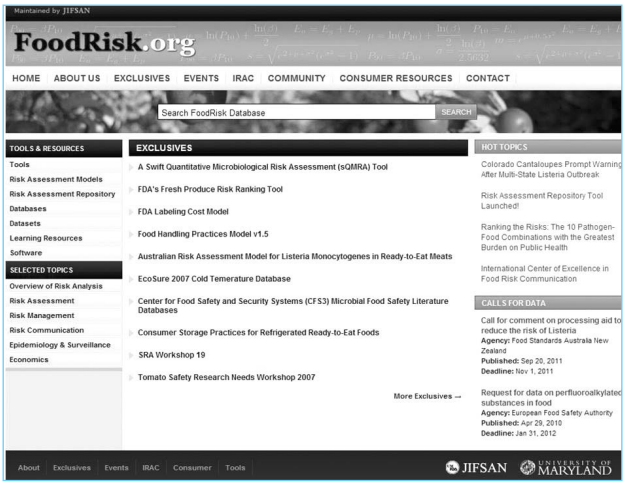

Fig. 1. www.FoodRisk.org

미생물에 관한 위해순위 연구가 수행되었다. A swift Quantitative Microbiological Risk Assessment Model (sQMRA), Food Safety Universe Database 등이 현재 개발된 도구로서 FoodRisk.org에서 그 특징을 볼 수 있다 (Fig. 1). 본 장에서는 위해순위 결정을 위한 도구로 호주의 식품안전센터 (Australia's Food Safety Centre, FSC)에서 개발한 Risk Ranger와 미국 FDA의 Fresh Produce Risk Ranking Tool을 간략히 소개하고자 한다.

3-1. Risk Ranger

Risk Ranger는 위해평가 대상 식품과 위해미생물에 대하여 Table 2에 제시된 각각의 11가지 질문에 대한 대답을 Microsoft Excel spreadsheet에 입력하여 위해순위를 결정할 수 있도록 구성되었다 (Fig. 2). Risk Ranger는 첫째, 민감성과 심각성 (susceptibility and severity), 둘째, 식품의 노출가능성 (probability of exposure to food), 셋째, 감염량을 식품이 포함할 가능성 (probability of food containing an infectious dose)의 큰 세 영역으로 구분하여 11가지 질문이 포함되어 있다.

11가지 질문 중 1번과 2번은 위해미생물에 대하여 질병의 심각성과 인구집단의 민감성을 고려하여 선택하며, 3-5번 문항은 식품 섭취 빈도와 식품 소비 인구집단의 비율 및 인구집단 크기를 기반으로 위해식품에 대한 노출 가능성을 입력하도록 되어 있다. 질문 중 6-9번 문항은 식품의 위해미생물 오염 빈도와 공정 및 저장과정 등의 영향에 대하여 위해미생물의 증감 정도를 입력하고, 특히 8번 문항은 가공 후 재오염 발생 가능성의 경우를 고려해 응답하여야 한다. 질문 10번은 소비자가 오염된 식품을 섭취할 경우 감염 또는 독성 증상을 나타내기 위해 현재 오염된 양으로부터 증가되어야 하는 위해미생물의 양을 정하여 입력하도록 되어있다. 따라서 이 질문은 현재의 오염정도에 대한 데이터가 없으면 정확히 입력하기가 어렵다. 마지막 11번 질문은 식품 섭취 전 단계에서 섭취방법에 따라 위해미생물이 저감되는 정도를 입력한다. 이상의 질문을 Risk Ranger에 입력한 결과 위해순위는 0-100 범위 내에서 정해지며 범위가 25 이하인 경우는 risk는 낮으나, 40 이상인 경우는 risk가 높은 것으로 판단한다.

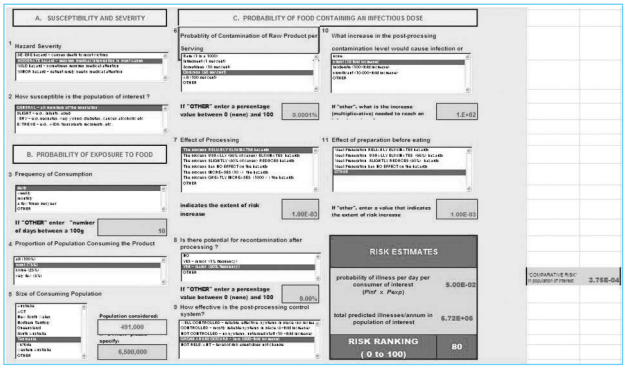

Fig. 2. Risk Ranger user interface (http://www.foodsafetycentre.com.au/riskranger.php.)

Risk Ranger를 사용하여 잠재적 위해식품에 대한 위해미생물 조합의 위해순위를 결정함으로써 효과적인 식중독 안전관리를 위해 필요한 식품과 미생물 조합을 선정할 수 있다. 그러나 Risk Ranger를 사용하여 반 정량적 위해평가를 실시할 경우에도 위해식품과 위해미생물에 대한 정확한 데이터가 부족한 경우 위해순위 결과의 정확성에 한계를 가질 수 있음을 주의해야한다. 특히 국내에서는 위해식품 섭취빈도 조사, 원재료의 위해미생물 오염도, 위해미생물에 미치는 가공공정 영향, 식중독 통계자료의 명확한 원인식품에 대한 자료 부족 등이 제시되었다 (Bahk, 2009; Min et al., 2011). Risk ranger는 2002년 Ross와 Sumner에 의해 식품안전 위해평가 도구로써 처음으로 활용성이 소개되었고 2005년 Sumner등은 Risk Ranger를 이용하여 호주의 육제품에 대한 위해순위를 보고하였다. 또한 최근에는 돼지고기와 가금류에 대하여 다양한 위해미생물에 대한 위해순위와 즉석 조리 식품 위해관리를 위한 위해순위 결정에 Risk Ranger를 이용한 연구가 발표되었다(Mataragas et al., 2008; Perni et al., 2009).

3-2. Pathogen-Produce Pair Attribution Risk Ranking Tool (P^3ARRT)

Fresh produce risk ranking tool은 Pathogen-Produce

Pair Attribution Risk Ranking Tool 또는 P^{3}ARRT로 불리어진다. 병원성 미생물과 신선한 과채류의 조합 중 가장 risk가 높으므로 우선적으로 관리를 해야 하는 조합을 선정하기 위한 목적으로 개발되었다.

3-2-1. P3ARRT model criteria

P^{3}ARRT 모델링 접근방법은 risk에 영향을 줄 수 있는 요인들을 고려하여 상대적 위해순위를 결정하는 것이다. 고려한 요인들은 역학자료 조사, 질병의 심각성, risk에 영향을 주는 병원성 세균의 특징, 식품의 특징을 포함한다. 이와 같은 요인들은 다시 역학적인 관련성, 질병배율 (disease-multiplier), 입원률, 사망률, 위험집단, 오염빈도, 상대적 감염량, 섭취가능성, 식품의 유통기한 및 증식 가능성을 포함하여 9개의 기준으로 분류한다. 각각의 기준에 대해 자료를 4가지로 구분 (예시 1: low, 2: medium, 3: medium high, 4: high)하여 1부터 4까지로 점수를 정하도록 되어 있다. 9가지 요인을 좀 더 자세히 설명하면 다음과 같다.

① 역학적인 관련성은 1996년부터 2008년까지의 Centers for Disease Control and Prevention (CDC) 자료, 연간 식중독 발생자료 및 전문 학술자료 등을 검토하여 식중독 발생에 가장 큰 영향을 미치는 53개의 병원성 세균과 식품조합을 결정하였다 (Anderson et al., 2011). ② 질병배율 (disease-multiplier)은 병원성 세균의 특징으로 보고되지 않고 진단되지 않은 식중독 식품 수들을 곱한 값으로 결정된다. 일반적으로 덜 심각하고 잘 보고되지 않는 식품일 때 disease-multiplier의 값이 증가하게 된다. 질병의 심각성은 질병 발생과는 무관하게 각각의 병원성 세균과 관련된 ③입원 및 ④사망률을 고려하였는데 입원률과 사망률은 원인식품과는 독립적인 것으로 가정하였다. 가장 입원률이 높았던 것은 *S. Typhimurium*과 *E. coli* 0157:H7(EHEC)으로 조사되었다. 사망률은 입원률 보다 훨씬 심각한 관련이 있으므로 사망률이 1%를 초과하면 매우 심각한 것으로 판단되었고 오직 *E. coli* 0157:H7(EHEC)만이 이 기준에 속하였다. 입원률과 사망률 각각의 점수에 대한 기준은 Table 3에 보여진다.

⑤ 상대적 감염성은 노로 바이러스, hepatitis A virus, *E. coli* 0157:H7(EHEC) 와 같이 1-10 단위 정도의 매우 낮은 감염량을 가지는 경우 *B. cereus*와 같이 높은 오염도가 필요한 경우보다 상대적으로 식품에 낮은 양이 오염될 가능성이 높아 병을 일으킬 가능성이 높아져 매우 위험하다. ⑥ 식품섭취의 경우 어떤 특정 집단이 매우 드물게 적은 양으로 식품을 섭취하는 경우보다 식품이 자주 또는 많은 양으로 섭취될 때 식중독이 일어날 가능성이 매우 높다. 따라서 섭취량 데이터를 위해 National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 데이터베이스가 사용되었다. 섭취량 데이터는 특정한 날에 그 식품을 먹은 인구를 매우 높음, 높음, 중간, 낮음으로 구분하였다 (Table 3). ⑦ 질병의 심각성에 대한 또 다른 요소는 위험집단이다. 어떤 특정 위험집단 (어린이, 노이, 면역이 저하된 환자, 임신부등)이 특정 병원성 세균에 의한 위해가능성이 더 크기 때문에 각각의 병원성 세균에 대해 위험집단의 높은 감염률에 대한 증거자료를 모아 요약하였다. 이 효과는 어떤 특정 식품의 잠재적 위험성을 고려하지는 않고 특정 병원성 세균에 대한 특이적인 것으로 가정하여 결정하였다 (Table 4).

⑧ 식품의 오염가능성은 질병에 노출될 가능성과 직접적으로 관련이 있다. 따라서 이와 같은 정보는 발표된 자료 및 USDA(2002-2007)에서 제시하는 Microbiological Data Program을 통해 수집되었다. 각 식품의 오염자료는 일반적인 식품류로 분류하여 오염자료를 통합하였다. 예를 들면 딸기류의 *S. enterica*의 오염관련 4개의 연구를 분석하여 양성으로 나온 샘플수를 더하여 네 개의 연구에서 평가된 전체 샘플수로 나누어 계산하였다. 또는 상추, 시금치, 로메니안 상추, 케일에 오염된 *E. coli* O157:H7 오염 발생빈도를 엽채류의 *E. coli* O157:H7의 발생 빈도율로 계산하였다. 점수시스템은 자료 부재와 발표된 병원성 세균의 오염범위까지 모두 고려하였다 (Table 4). ⑨ 유통기한과 증식가능성은 그 식품이 얼마나 오랜 시간 동안 소비를 위해 유통되는지와 식품 그 자체의 특징이 병원성 세균에 대한 증식 또는 생존을 지지할 수 있는 정도에 따라 달라진다. 따라서 이

증식가능성은 문헌조사를 통해 오염된 신선한 식품에 특정 병원성 세균의 증식정도와 가능성을 나타내었다. 각각의 식품에 대한 유통기한은 USDA Agriculture handbook 66 (USDA, 2004)과 University of California's Agriculture and Natural Resources Publication 3311 (Kader, 2002)의 자료를 비교하여 두 가지 비교 자료 중에서 특정식품의 유통기한을 다르게 제시한다면 더 긴 유통기한을 선정하였다. 유통기한과 증식가능성은 다시 하나의 입력변수로 합하여 그 범위를 2에서 8까지로 정하였다 (Table 5). 예를 들면 토마토는 보통의 유통기한을 가지고 있어 3점이 매겨지는데 토마토의 *S. enterica* 는 토마토에서 자랄 가능성이 "some" 어느 정도 있기 때문에 3점이 매겨진다. 따라서 이 두 점수를 합하게 되면 새로운 점수 6이 만들어 지고 "토마토의 *S. enterica*"의 유통기한과 증식가능성을 합한 영향력은 다시 3점으로 분류하였다.

3-2-2. P^{3}ARRT model criteria

9개의 기준에 대한 점수가 모두 합산되어 각각의 식품과 병원성 세균조합에 대해 하나의 점수가 생산되어진다. 그러나 하나의 기준은 다른 기준보다 더 중요할 수 있으므로 최종 순위는 각각의 기준치에 1에서 4까지의 가중치가 고려되어 계산되었다. 예를 들면 높은 입원률과 사망률를 나타내는 질병의 심각성이 상대적으로 낮은 감염률보다 더 중요하다고 생각되면 사용자는 질병의 심각성에 더 큰 가중치를 부여하여 다음과 같은 연산 식으로 나타낼 수 있다.

$$Rank = \Sigma\, score \times weight$$

위해순위 점수가 최소(1) 또는 최대(4)로 모두 가중치가 정해졌을 때의 최고 순위의 병원성 세균과 식품조합들은 Table 6과 같다. 이와 같이 위해순위는 가중치를 최소 또는 최대로 하는가에 상관없이 주어진 연산 식을 활용했을 때 위해순위의 순서는 변함이 없었다. 두 경우 모두 엽채류와 *E. coli* O157:H7(EHEC)의 조합은 위해순위 점수에서 가장 높은 위해순위로 선택되었다. 본 장에서 소개한 Pathogen-Produce Pair Attribution Risk Ranking Tool (P^{3}ARRT)에서는 53개의 병원성 세균과 식품조합에 대한 위해순위의 점수는 12에서 120까지의 범위였지만 특정 기준치에 대한 사용자의 선호도에 따라 다른 위해순위가 결정되어질 수 있다.

4. 맺음말

본 장에서 소개하는 risk ranking 도구는 체계적이고, 투명하며, 사용하기 쉬운 도구로서 보다 엄격한 위해평가 모델과 평가노력이 필요한 병원성 세균과 식품조합의 우선순위를 정하기 위한 것이다. 또한 반 정량적 위해평가를 위한 risk ranking tool은 미래의 연구에서 우선순위와 risk를 저감화할 수 있는 전략을 결정하여 중요하게 사용되어질 수 있다. 그러나 새롭게 변화하는 식품환경, 식품안전관리의 효과성, 새롭게 연구 데이터 결과 등을 고려해 볼 때, 식중독 발생 주요 잠재적 위해식품과 위해미생물 조합에 대한 위해순위 결정 연구는 계속적으로 진행되어야 하며 이미 결정된 위해순위에 대해서도 지속적인 검증을 통해 효과적인 미생물 위해평가가 수행되도록 해야 한다.

참고 문헌

1. Anderson, M., Jaykus, L.A., Beaulieu, S. and Dennis, S.: Pathogen-produce pair attribution risk ranking tool to prioritize fresh produce commodity and pathogen combinations for further evaluation. Food Control, 22, 1865-1872 (2011).
2. Australia's food safety information portal. Risk Ranger. Available from http://www.foodsafetycentre.com.au/riskranger.php. Accessed Dec. 16 2011.
3. Bahk, G.J.: Determining of Risk Ranking for Processed Foods in Korea. J. Fd Hyg. Safety, 24, 200-203 (2009).
4. Foodrisk.org. Available from http://foodrisk.org
5. Food safety centre. Available from http://www.foodsafetycentre.com.au
6. Kader, A.A. Postharvest technology of horticultural crops (3rd ed). University of California Agriculture and Natural Resources. Publication # 3311 (2002).
7. Lee-Ann Jaykus, Ph.D. NCSU "Emerging Decision Support Tools for Food Safety in the U.S."
8. Mataragas, M., Skandamis, P.N. and Drosinos, E.H.: Risk profiles of pork and poultry meat and risk ratings of various

pathogen/product combinations. Int. J. Food Microbiol., 126, 1-12 (2008).
9. Min, K.J., Hwang, I.G., Lee, S.H., Cho, J.I. and Yoon, K.S.: Determination of Risk Ranking of Combination of Potentially Hazardous Foods and Foodborne Pathogens Using a Risk Ranger. J. Fd Hyg. Safety, 26, 91-99 (2011).
10. Newsome, R., Tran, N., Paoli, G.M., Jaykus, L.A., Tompkin, B., Miliotis, M., Ruthman, T., Hartnett, E., Busta, F.F., Petersen, B., Shank, F., McEntire, J., Hotchkiss, J., Wagner, M. and Schaffner, D.W.: Development of a risk-ranking framework to evaluate potential high-threat microorganisms, toxins, and chemicals in Food. J. Food Sci., 74, 39-45 (2009).
11. Perni, S., Beumer, R.R. and Zwietering, M.H.: Multi-tools approach for food safety risk management of steam meals. J. Food Prot., 72, 2638-2645 (2009).
12. Ross, T. and Sumner, J.: A simple, spreadsheet-based, food safety risk assessment tool. Int. J. Food Microbiol., 77, 39-53 (2002).
13. Sherri, B. Dennis. Ph.D. FDA/CFSAN “Risk Ranking and Risk Prioritization Tools”
14. Sumner, J., Ross, T., Jenson, I. and Pointon, A.: A risk microbiological profile of the Australian red meat industry: risk ratings of hazard?product pairings. Int. J. Food Microbiol., 105, 221-232 (2005).
15. U.S. Centers for Disease Control and Prevention. CDC. Outbreak surveillance data: annual listing of foodborne disease outbreaks. United States. (1996-2008).
16. U.S. Department of Agriculture. USDA. Microbiological data program: Program reports. Agricultural Marketing Services. Available from http://www.arms.usda.gov/mdp (2002-2007).
17. U.S. Department of Agriculture. USDA. The commercial storage of fruits vegetables and florist and nursery. (2004).

Table 1. References according to the types of microbial risk assessment

Risk assessment	Microorganism	References
qualitative	*Campylobacter* spp.	Kumar et al. (2001)
	Salmonella spp.	Parsona et al. (2005); Laura et al. (2008)
	Bacillus cereus	Nauta et al. (2003)
	Listeria monocytogenes	Farber et al. (1996); Hitchins (1996); Johansson et al. (1999); Notermans & Hoornstra (2000); Elliot & Kvenberg (2000); Maijala et al. (2001); Mclauchin et al. (2004); Uyttendaele et al. (2004); Vitas et al. (2004); Carrasco et al. (2010); Pradhan et al. (2010)
quantitative	*Campylobacter* spp.	Medema et al. (1996); FDA (2000); Rosenquist (2003); Uyttendaele et al.(2006); Roland & Lindquist (2008); Calistri & Giovannini (2008); Marrten et al. (2009)
	Campylobacter jejuni	Anderson et al. (2001)
	Vibrio parahaemolyticus	FDA (2001); Patil et al. (2004); Akio et al. (2008)
	Salmonella serovars Eggs and egg products Poultry industry	Todd (1996); Whiting & Buchanan (1997), Brown et al. (1998); Ebel et al. (2000)
	Salmonella spp.	Berends et al. (1997); Armando et al. (2004); Oscar (2004); Parsons et al. (2005); FSIS (2008); Tromp et al. (2010); Franz et al. (2010)
	Bacillus cereus	Zwietering et al. (1996); Todd (1996); Notermans et al. (1997); Carlin et al. (2000); Afchain et al. (2008)
	Listeria monocytogenes	Farber & Harwig (1996); Van Schothorst (1996); Bemrah et al. (1998); Todd et al (1999); Lindqvist & Westöö (2000); Birgit Nørrung (2000); Notermans & Hoornstra (2000); FDA (2001, 2003); FSIS (2003, 2009); Roos et al. (2009); Tromp et al. (2010); Franz et al. (2010)
	E. coli 0157:H7	Cassin et al. (1998); Hoornstra & Notermans (2001); FSIS (2001, 2002); Tromp et al. (2010); Kosmider et al. (2010); Franz et al. (2010)
	BSE	FSIS (2005)
semi quantitative	*Campylobacter* spp.	Josefsen et al. (2003)
	Seafood hazard	John et al. (2002)
	Various pathogen	Mataragas et al. (2006)
	Listeria monocytogenes	Endrikat et al. (2010)

Table 2. Questions and answers in risk ranger

Question		Answer
A. SUSCEPTIBILITY AND SEVERITY	1. Hazard Severity	SEVERE hazard - causes death to most victims MODERATE hazard - requires medical MILD hazard - sometimes requires medical MINOR hazard - patient rarely seeks medical
	2. How susceptible is the population of interest ?	GENERAL - all members of the population SLIGHT - infants, aged VERY - neonates, very young, diabetes, cancer, alcoholic etc EXTREME - AIDS, transplants recipents etc
B. PROBABILITY OF EXPOSURE TO FOOD	3. Frequency of Consumption	daily weekly monthly a few times per year OTHER
	4. Proportion of Population Consuming the Product	all (100%) most (75%) some (25%) very few (5%)
	5. Size of Consuming Population	Australia New South Wales Northern Territory South Australia OTHER (Korea : 50,000,000)
C. PROBABILITY OF FOOD CONTAINING AN INFECTIOUS DOSE	6. Probablity of Contamination of Raw Product per Serving	Rare (1 in a 1000) Infrequent (1 per cent) Sometimes (10 per cent) Common (50 per cent) All (100 per cent) OTHER
	7. Effect of Processing	The process RELIABLY ELIMINATES hazards The process USUALLY (99% of cases) ELIMINATES The process SLIGHTLY (50% of cases) REDUCES The process has NO EFFECT The process INCREASES (10 x) The process GREATLY INCREASES (1000 x) OTHER
	8. Is there potential for recontamination after processing?	NO YES - minor (1% frequency) YES - major (50% frequency) OTHER
	9. How effective is the post-processing control system?	WELL CONTROLLED - reliable, effective systems in place (no increase in pathogens) CONTROLLED - mostly reliable systems in place (3 - fold increase) NOT CONTROLLED - no systems, untrained staff (10 - fold increase) GROSS ABUSE OCCURS - (e.g.1000-fold increase) NOT RELEVANT - level of risk agent does not change
	10. What increase in the post-procssing contamination level would cause infection or intoxication to the average consumer?	None Slight (10 fold increase) Moderate (100-fold increase) Significant (10,000-fold increase) OTHER
	11. Effect of preparation before eating	Meal Preparation RELIABLY ELIMINATES hazards Meal Preparation USUALLY ELIMINATES (99%) hazards Meal Preparation SLIGHTLY REDUCES (50%) hazards Meal Preparation has NO EFFECT on the Hazards OTHER

Table 3. Scoring of criteria: epidemiological link, disease multiplier, Hospitalization (%), Mortality (%), relative infectivity and consumption

Score	Epidemiological link # outbreaks	Total cases	Disease Multiplier	Hospitalization (%)	Mortality(%)	Relative Infectivity	% consuming
1	any	<100	1-5	<10%	<0.1%	>100,001	< 1%
2	1-2	>100	6-25	10-20%	0.1-0.5	1001-100,000	1-5%
3	3-5	>100	26-60	20-50%	0.5-1	101-1000	5-10%
4	>5	>100	>60	>50%	>1%	1-100	>10%

Table 4. Scoring of criterion: Susceptible population and prevalence of contamination

Score	Category	Strength for evidence	Category	Weighted average prevalence
1	None	No one is more susceptible than others	Unknown	unknown, poorly characterized
2	Some	Young children or the elderly have a higher prevalence of disease	Low	<1%
3	Medium	Severity of disease increases with age	Medium	>1- <5%
4	Strong	Children, pregnant women, immunocompromised	High	>5%

Table 5. Scoring of criterion: shelf-life and growth potential

Score	Category	Shelf life	Category	Evidence for growth	Growth potential score + shelf-life score
1	Very Short	0-7 days	None	Organism does not grow or may be inactivated	>2
2	Short	7-14 days	No evidence	Lack of evidence that bacteria may grow and includes conflicting studies	3-4
3	Moderate	15-48 days	Some	Some evidence that bacteria may grow (e.g. higher pH or bruising/damage) and includes conflicting studies	5-6
4	Long	>49 days	Strong	Likely growth at room temperature (22-24℃)	7-8

Table 6. Risk ranking ranges for top-ranked commodities using minimum and maximum weighing schemes

Risk ranking	Pathogen–commodity pair	Minimum score	Maximum score
1	Leafy greens and *E. coli* 0157:H7(EHEC)	30	120
2	Tomatoes / *Salmonella enterica*	28	112
3	Leaf greens / *S. enteric*	27	108
	Melon / *S. enterica*	27	108
4	Crucifers / *E. coli* 0157:H7(EHEC)	26	104
	Melons / *E. coli* 0157:H7(EHEC)	26	104
5	Carrots and *S. enterica*	25	100
6	Berries and Hepatitis A Virus	24	96
	Tomatoes and Hepatitis A Virus	24	96
	Tomatoes and *Shegella* spp.	24	96
	Herbs and *E. coli* 0157:H7(EHEC)	24	96
	Leafy greens and *shigella* spp.	24	96
	Leafy greens and Hepatitis A Virus	24	96
	Mixed produce and *E. coli* 0157:H7(EHEC)	24	96
	Green onions and Hepatitis A Virus	24	96