pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 31, No. 5, pp. 342~348 (2016)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2016.31.5.342

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

난백과 난황에서 *Salmonella* Enteritidis 와 *Salmonella* Typhimurium 수 변화 비교연구

문혜진 · 임정규 · 윤기선*
경희대학교 식품영양학과

Comparative Study of Change in *Salmonella* Enteritidis and *Salmonella* Typhimurium Populations in Egg white and Yolk

Hye Jin Moon, Jeong Gyu Lim, and Ki Sun Yoon*
Department of Food and Nutrition, Kyung Hee University
(Received July 28, 2016/Revised August 10, 2016/Accepted August 24, 2016)

ABSTRACT - The objective of this study was to compare the change of *S.* Enteritidis with *S.* Typhimurium populations in liquid egg products. *S.* Enteritidis or *S.* Typhimurium was inoculated into egg white and egg yolk and stored at 8, 10, 15, 25, and 35°C, respectively. In egg white, no growth of *S.* Enteritidis and *S.* Typhimurium was observed at 8, 10, 15, and 35°C, while both *S.* Enteritidis and *S.* Typhimurium in egg white stored grew more than 1 log CFU/ml after 50 hours storage at 25°C. In egg yolk, there was no growth of *S.* Enteritidis and *S.* Typhimurium at 8°C but growth of both strains was observed at 10, 15, 25, and 35°C. Since growth of *S.* Enteritidis and *S.* Typhimurium was only observed in egg yolk, primary growth models for both strains were developed using modified Gompertz equation and then secondary models for lag time (LT), specific growth rate (SGR), and maximum population density (MPD) were developed as a function of temperature. At all temperatures, more rapid growth of *S.* Enteritidis than *S.* Typhimurium was observed in egg yolk, indicating the greater risk of *S.* Enteritidis than *S.* Typhimurium in egg products. In conclusion, the results indicate that temperature control less than 8°C is very important to ensure safety of liquid egg products, especially liquid egg yolk.

Key words : *Salmonella* Enteritidis, *Salmonella* Typhimurium, egg white, egg yolk

최근 인구의 고령화, 여성의 경제활동 확대, 국민소득의 증가 및 식생활의 서구화 등의 영향에 의해 식품소비 패턴이 변화하고 있으며 비교적 저렴한 비용으로 양질의 동물성 단백질을 제공하는 계란은 최근 다양한 가공식품으로 수요가 증가하고 있다[1]. 통계 자료[2]에 의하면 우리나라의 국민 1인당 연간 계란소비량은 2000년 184개, 2005년 220개, 2010년 236개, 2013년 242개로 해마다 증가하고 있다. 계란은 원재료로 조리해서 섭취하는 경우도 있지만 다양한 가공식품으로 만들어져 이용된다. 축산물의 가공기준 및 성분규격[3]에 따르면 계란 가공품은 알의 내용물에 다른 식품 또는 식품첨가물을 가한 것이나 분리, 건조, 냉동 등의 방법으로 가공한 것을 말하며 크게 1차 가공품과 2차 가공품으로 나눠진다[3]. 1차 가공품은 많은 양의 달걀을 편리하게 취급하기 위한 것으로 난각을 제거한 전액란, 난황액, 난백액이 있으며 2차 가공품은 1차 가공품에 식염 및 당류 등을 가하거나 건조하여 만든 제품이다. 계란가공품은 외식업체나 식품가공업체에서 주로 이용 되는 것으로 보고되고 있다[4]. 이와 같이 계란 및 계란가공품 소비의 증가에 따라 계란에 의해 발생되는 *Salmonella* 식중독 위험성 또한 증가하고 있다[5].

FAO/WHO 보고에 따르면 계란과 가금류 유래로 발생한 식중독의 77.1%의 원인 균은 *Salmonella*였다[6]. *Salmonella*는 2500여 종 이상의 혈청 형으로 분류되는데, 이들 중 식중독을 유발하는 대표적인 균종은 *Salmonella* Enteritidis와 *Salmonella* Typhimurium이다[7]. 실제 2006년 유럽에서 발생한 *Salmonella* 식중독 165,023건을 분석한 자료[8]에 따르면 62.5%는 *S.* Enteritidis에 의해, 12.9%는 *S.* Typhimurium에 의해 발생하였다. *Salmonella*는 계란에서 주로 2가지

*Correspondence to: Ki Sun Yoon, Department of Food and Nutrition, College of Human Ecology, Kyung Hee University, 26 Kyunghee-daero, Dongdaemun-gu, Seoul 02447, Republic of Korea.
Tel: 82-2-961-0264, Fax: 82-2-961-0550
E-mail: ksyoon@khu.ac.kr

메커니즘에 의해 오염된다. 첫 번째는 닭의 내장에 붙어 있던 *Salmonella*가 계란 껍질에 부착되어 산란 또는 산란 후에 침투하여 일어나는 오염이고, 두 번째는 산란 전에 *Salmonella*가 직접적으로 난각막, 난백, 난황에 오염되는 경우이다[9]. 이 때 오염된 위치에 따라 증식속도가 달라지며, 특히 난황은 풍부한 영양소를 가지고 있어 증식속도가 가장 빠르다[10].

1995년 미국에서는 *S*. Enteritidis로 인한 식중독 사고가 8배 증가되고 이 중 75%는 계란과 연관성이 있는 것으로 보고된 후, 계란 및 계란관련 제품에서 *S*. Enteritidis 위해요소 평가를 시작하고 통제 프로그램을 개발하여 실행하였다[9]. 또한 미국과 유럽국가들은 *S*. Enteritidis와 같은 생물학적 위해요소의 위험성을 효율적으로 평가하고 제어하기 위해서 계란과 난 제품 내에서 *S*. Enteritidis의 성장예측 모델[11], 전란액에서 *S*. Enteritidis type4와 type13을 포함한 총 5개의 *Salmonella*종의 성장예측 모델[12] 등을 개발하였다. 그러나 대부분의 계란관련 연구가 *S*. Enteritidis에 대하여 진행되었고 계란에서 *S*. Typhimurium의 문제점에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다. *S*. Typhimurium은 *S*. Enteritidis보다 소장과 난관과 같은 소화관 및 번식장기에 부착하지 못하지만 계란에서 식중독을 일으키는 주된 균주이며, 오스트리아에서는 S. Typhimurium이 계란과 관련된 식중독의 주요 원인균으로 보고 되었다[13].

국내에서도 계란소비량 증가에 따라 소비자의 계란 안전성에 관한 요구도가 확대되면서 계란에서 *Salmonella*가 검출될 경우 생식용으로 금지시키는 등 계란제품 위생관리를 강화하였고[12], 이후 2012년과 2013년에는 *Salmonella*에 의한 식중독 발생이 감소하는 효과를 보였지만 2014년 이후에는 *Salmonella*에 의한 식중독은 다시 증가하는 추세이다[13]. 특히 살균기준이 지켜지지 않아 살균 액란에서 *Salmonella*가 검출되는[13]등 계란의 안전성에 대한 문제가 새롭게 대두되고 있다. 국내에서 제조되는 액란은 살균액란과 비살균액란으로 구분되며, 국내에서는 전체 액란 중 70%정도가 제과·제빵의 원료로 이용되고 이외에 육가공품 결착제 및 마요네즈와 같은 가공식품의 원료 또는 단체급식소에서 주로 이용된다[4]. 이때 살균액란은 열로 인한 단백질 변성이 발생하기 때문에 제품의 부피를 증가시키는데 불리하여 비살균액란이 선호되지만[4] 난각이 제거되고 살균되지 않은 액란은 *Salmonella*와 같은 병원성 미생물에 노출 위험이 높기 때문에 가공식품에 활용될 때 유통 및 보관에 주의가 요망된다.

국내에서 *Salmonella* 관련 예측모델에 관한 연구는 메추리알 알가공품에서 *S*. Enteritidis의 성장연구[16], 김밥에서 *S*. Typhimurium의 성장예측모델 개발[17], 신선 편의 양배추의 *S*. Enteritidis의 성장예측모델 개발[18] 등으로 *Salmonella* 오염이 가장 문제가 되는 계란에서의 위해평가를 위한 연구는 매우 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 보관온도가 액란의 난백과 난황에서 *Salmonella* Enteritidis와 *Salmonella* Typhimurium 수 변화에 미치는 영향을 비교 분석하고 액란에서 두 *Salmonella* 균주의 위험성을 비교하여 관리방안을 제시하고자 한다.

Materials and Methods

시료 선정 및 전처리

본 연구에 사용된 액란시료는 서울시 동대문구의 인근 대형마트에서 판매되고 있는 HACCP 적용 및 항생제 무첨가 계란을 실험 당일에 구입하여 사용하였다. 상태가 양호한 계란을 선정하여 70% 알코올로 표면을 5분간 소독한 후 Clean Bench에서 5분간 건조하였다. 멸균된 도구를 이용하여 소독된 계란을 난황과 난백으로 분리한 후 50 ml test tube에 각각 10 ml씩 담아 4ºC 냉장고에 보관하였다.

균 접종 및 균수 측정

조사 대상균인 *Salmonella* Enteritidis (KCCM 12021)와 *Salmonella* Typhimurium (ATCC 13311)은 한국미생물보존센터(Korean Culture Center of Microorganisms; KCCM)로부터 구입하여 −80ºC의 온도로 냉동 보관하였다. 멸균 상태의 Brain Heart Infusion (BHI, Difco, USA) 10 ml를 담은 삼각 플라스크에 *S*. Enteritidis와 *S*. Typhimurium 10 µl를 각각 접종하여 24시간 동안 36ºC, 140 rpm에서 Rotary shaker (VS-8480, Vision, Korea)를 이용하여 9 log CFU/ml 이상의 농도까지 전 배양시켰다. 24시간 동안 전 배양된 *S*. Enteritidis와 *S*. Typhimurium을 멸균된 0.1% peptone water (Difco) 9 ml에 십진희석법을 통하여 단계별로 희석한 후, 난황, 난백 시료 10 ml에 100 µl를 각각 접종하였다. *S*. Enteritidis와 *S*. Typhimurium 이 각각 접종된 시료를 8, 10, 15, 25, 35ºC에서 호기상태로 저장하여 균의 보관온도에 따른 수의변화를 분석하였다. 10 ml의 각 시료는 온도에 따라 일정 시간 후 20 ml의 멸균된 0.1% peptone water를 시료가 들어있는 test tube에 넣어 vortexer (Type 37600 Mixer, Thermolyne, USA)를 사용하여 30초간 균질화하였다. 균질화된 시료 1 ml를 취하여 멸균된 0.1% peptone water 9 ml로 십진희석법을 통하여 각 농도 단계별로 희석하여 선택배지인 Xylose Lysine Deoxycholate Agar (XLD Agar, MB cell, Kisan Bio, Korea)에 균일하게 분주하였다. 각각의 분주된 배지는 36ºC incubator (ELELA, Vision, Korea)에서 24시간 배양한 후 균체 개수를 세어 log CFU/ml로 계수하였다.

예측 모델 개발

각 온도에서 *S*. Enteritidis와 *S*. Typhimurium의 1차 성장예측모델 개발을 위해 Graph Pad Prism V4.0 (Graph Pad Software, San Diego, CA, USA) 프로그램을 사용하여

Modified Gompertz 식을 이용하여[19] 1차 성장예측 모델을 개발하고 유도기(Lag Time, LT)와 최대 증식 속도(Maximum specific growth rate, SGR), 및 최대개체군밀도(Maximum population density, MPD)를 도출하였다.

Modified Gompertz model:

$Y = N0 + C*\exp(-\exp((2.718*SGR/C*(LT-t) + 1))$

Y: 미생물농도(Log CFU/ml); N0: 초기 오염 농도; C: 최초농도와 최종농도 차이;
LT: 유도기(hr); SGR: 최대 증식 속도(Log CFU/h); t: 샘플링 시간

각 온도에서 개발된 1차 모델 변수인 유도기(LT), 최대증식 속도(SGR) 및 최대개체군밀도(MPD)는 Davey model[20]과 Square-root model[21] 및 Polynomial second order model[22] 식을 이용하고, Graph Pad Prism V4.0 (Graph Pad Software, San Diego, CA, USA)프로그램에 적용하여 1차 모델에서 얻어진 유도기, 최대증식속도 및 최대개체군밀도에 관한 2차 성장예측 모델을 각각 개발하였다.

Davey model: $Y = a + (b/T) + (c/T^2)$

Y: 유도기; a, b, c: 상수; T: 온도

Square-root model: $Y = \{b(T - Tmin)\}^2$

Y: 최대 증식 속도; b: 상수; T: 온도; Tmin: 이론적 최저 증식 온도

Polynomial second order model: $Y = a + (b \times T) + (c \times T^2)$

Y: 최대 개체군밀도; a, b, c: 상수; T: 온도

예측모델의 적합성 평가

본 연구에서는 *S.* Enteritidis 2차 성장예측 모델의 *S.* Typhimurium 에 대한 적용가능성 평가를 위해 *S.* Enteritidis의 2차 모델을 통해 얻은 예측값과 *S.* Typhimurium 실험값을 이용하여 bias factors (Bf)[23,24]와 accuracy factors (Af)[23,25]를 각각 구하였다.

BF for LT $= 10^{\Sigma\log(predicted/observed)/n}$
Af for LT $= 10^{\Sigma|\log(predicted/observed)|/n}$
Bf for SGR, MPD $= 10^{\Sigma\log(observed/predicted)/n}$
Af for SGR, MPD $= 10^{\Sigma|\log(observed/predicted)|/n}$
(n: 실험값 또는 예측값 총수)

Bf는 실험값과 2차 모델식에서 얻어진 예측값의 상대적 편차를 측정한 척도로 1에 가까울수록 정확하다. Bf값이 0.7보다 작거나 1.15보다 큰 경우 모델이 적합하지 않아 사용이 불가능하다. 또한 Bf는 성장모델이 사용하기에 안전한 모델인가(fail-safe, Bf < 1), 위험한 모델인가를(fail-dangerous, Bf > 1)평가하는 척도가 된다. Af는 실험값과 예측값의 차이의 절대값을 평가한 것으로, 1을 기준으로 Af값이 1에서 멀어질수록 개발된 모델의 부정확성을 나타내나 Af값은 안전한 모델인가, 위험한 모델인가에 대한 방향성을 제시하기에는 한계가 있다. 또한 예측 모델의 타당성을 나타내는 Median Relative Error (MRE)[23,26]와 모델의 정밀도를 나타내는 Root Mean Square Error (RMSE)[27,28]는 각각 다음 식을 이용하여 구하였으며 두 값 모두 0에 가까울수록 모델의 적합도가 높다.

RE for LT = (predicted – observed)/predicted
RE for SGR, MPD = (observed – predicted)/predicted

$$\textbf{RMSE} = \sum\sqrt{\frac{(predicted - observed)^2}{n}}$$

(n: 실험값 또는 예측값 총수)

통계처리

연구결과는 SAS version 9.3 (SAS institute Inc., Cary, NC, USA) 통계 프로그램을 이용하여 분석하였다. Duncan의 다중 검정법을 이용한 일원분산분석과 T-test를 이용하여 샘플간의 유의적인 차이를 분석하였다($p < 0.05$).

Results and Discussion

보관온도가 난백에서의 *S.* Enteritidis와 *S.* Typhimurium의 증식에 미치는 영향

본 연구에서는 난백에 *S.* Enteritidis와 *S.* Typhimurium을 각각 접종하고 8, 10, 15, 25, 35°C 온도에 저장하여 난백에서 두 혈청 형의 증식(사멸) 변화를 관찰하였다(Fig. 1). 25°C를 제외한 모든 온도의 난백에서 *S.* Enteritidis와 *S.* Typhimurium은 증식하지 못하였다. 8, 10, 15°C의 난백에서 *S.* Enteritidis와 *S.* Typhimurium는 각각 240, 360, 274 시간 후 1 log CFU/ml 이상 감소하였다. 35°C에서 보관된 난백에서 *S.* Enteritidis는 100시간, *S.* Typhimurium은 121 시간 이내에 완전히 사멸하였다. 25°C에서는 두 혈청 형 모두 50시간 이후 1 log CFU/ml 이상 성장한 뒤 더 이상 성장하지 않았다. 이는 40°C에서 저장한 난백에서 *S.* Enteritidis의 큰 감소를 보였다는 것[30]과 20°C의 난백 단백질인 egg albumen에서 *S.* Typhimurium DT104가 성장한 반면 42°C의 egg albumen에서 성장하지 않았다는 연구[29]와 유사한 결과였다. 또한 난백에서는 25°C을 제외한 모든 온도에서 난백에 접종된 *S.* Enteritidis와 *S.* Typhimurium 모두 성장이 활발하게 일어나지 않은 것은 난백 내에 침입한 균에 대하여 방어역할을 하는 lysozyme과 ovotransferrin과 같은 단백질이 존재하기 때문인 것으로 보고되고 있다[31]. 그러나 일반 상온(20~25°C)에 보관된 난백의 경우 *S.*

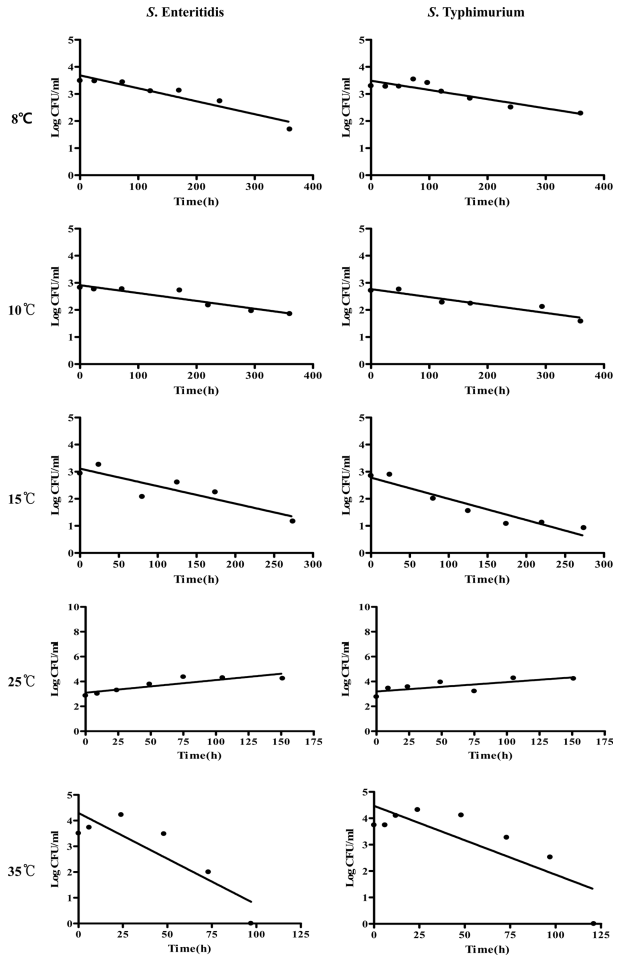

Fig. 1. Survival and growth curves of *S.* Enteritidis and *S.* Typhimurium in egg white at 8, 10, 15, 25, 35°C.

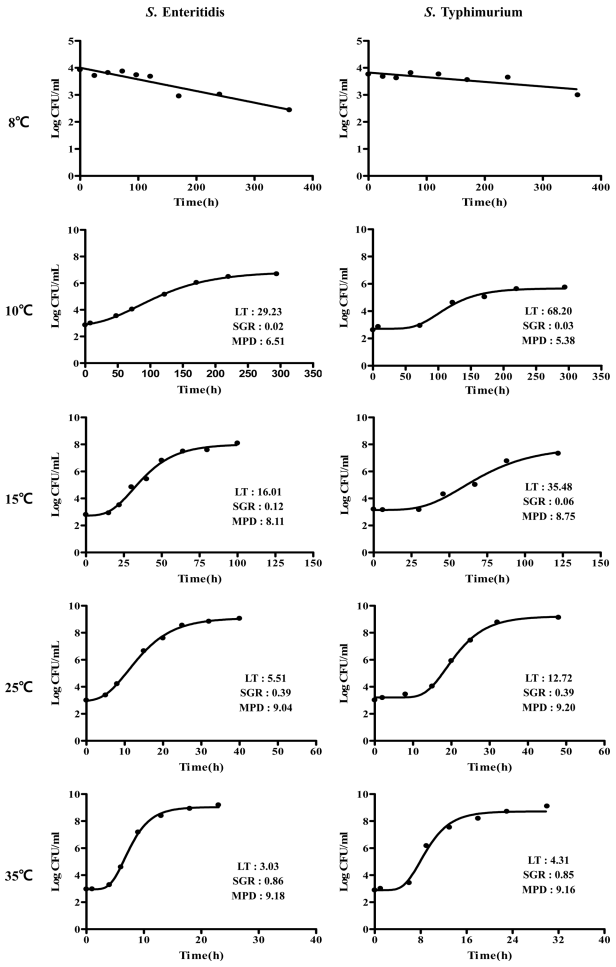

Fig. 2. Survival and growth curves of *S.* Enteritidis and *S.* Tyhimurium in egg yolk at 8, 10, 15, 25, 35°C.

Enteritidis와 Typhimurium이 증식할 위험이 있어 이에 대한 주의가 필요할 것으로 사료된다.

보관온도가 난황에서의 *S.* Enteritidis와 *S.* Typhimurium의 증식에 미치는 영향

난백에서 전반적으로 *S.* Enteritidis와 *S.* Typhimurium 모두 증식하지 못하는 것과는 달리 10°C 이상의 보관온도에서 난황에 오염된 두 혈청 형 모두 보관시간이 증가함에 따라 증식하였다(Fig. 2). 그러나 8°C에서 두 혈청 형 모두 성장하지 않고 보관시간 100시간 이후로 점차 감소하는 양상을 나타내었고 360시간 경과하였을 때 *S.* Enteritidis은 1 log CFU/ml, *S.* Typhimurium은 0.7 log CFU/ml 이상 감소하여, *S.* Enteritidis의 감소가 더 빠르게 진행하는 것으로 나타났다. 이 결과는 5개 Type의 *S.* Enteritidis를 난황에 2.5 log CFU/ml로 접종하여 호기상태에서 보관하였을 때 7°C에서 40일 동안 성장하지 않은 반면 10~43°C에서 성장한 연구[32]와 유사한 결과였다. 또한 계란이 유통되는 과정에서 *Salmonella*의 성장조건은 온도에 의해 영향을 받으며, 상온에 비해 낮은 저장온도는 잠재적 위험 가능성을 최소화시키는데 효과적이라는 결과[33]와 일치하였다. 10°C 이상의 온도에서 두 혈청 형 모두 증식하기 때문에 액란, 특히 난황의 경우 유통과정에서 온도 관리가 중요할 것으로 사료된다.

10, 15, 25, 35°C의 난황에서 *S.* Enteritidis와 *S.* Typhimurium 두 혈청 형의 증식패턴은 Modified Gompertz equation에 잘 적용되었으며($R^2 > 0.98$), Modified Gompertz model을 이용하여 *S.* Enteritidis와 *S.* Typhimurium의 유도기(LT), 최대증식속도(SGR) 및 최대개체군밀도(MPD)값을 구해내었다. LT값은 전반적으로 온도가 증가함에 따라 유의적으로 감소하였으며($p < 0.05$), 모든 온도에서 *S.* Enteritidis의 LT가 짧은 것으로 나타났으나 25°C에서만 두 혈청 형이 유의적으로 차이가 있었다($P < 0.05$). SGR의 경우 *S.* Enteritidis는 온도가 증가할수록 최대 증식 속도가 유의적으로 증가하였으나($P < 0.05$), *S.* Typhimurium의 SGR 값은 10°C와 15°C에서는 유의적인 차이를 보이지 않았고, 25°C 이상에서 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 두 혈청 형의 SGR값은 15°C에서 유의적 차이

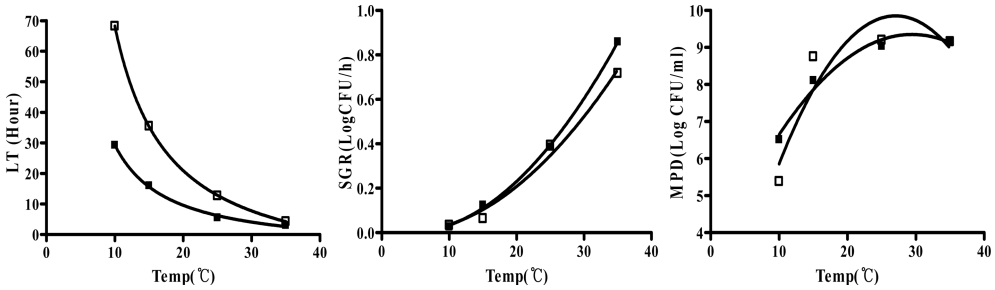

Fig. 3. Comparison of LT, SGR and MPD model of *S.* Enteritidis and *S.* Typhimurium in egg yolk as a function of temperature (■ *S.* Enteritidis, □ *S.* Typhimurium).
LT: Lag time (h), SGR: Specific growth rate (log CFU/ h), MPD: Maximum population density (log CFU/ml)

를 보였으며($p < 0.05$), *S.* Enteritidis가 빠르게 증식하는 것으로 나타났다. 10ºC에서 *S.* Enteritidis의 MPD값은 6.51 log CFU/ml 로 *S.* Typhimurium의 MPD값인 5.38 log CFU/ml 보다 높아, 전반적으로 10ºC 이상의 온도에서는 *S.* Enteritidis의 증식이 빠른 것으로 나타났으나 두 혈청 형의 MPD값은 10ºC와 15ºC에서만 유의적 차이를 보였다($p < 0.05$).

Modified Gompertz equation에서 산출된 LT, SGR 및 MPD값을 Davey model과 Square-root model 및 Polynomial second order model에 각각 대입하여 보관온도의 영향을 보기 위한 2차 성장예측 모델을 개발 하였다(Fig. 3). 모든 온도에서 *S.* Enteritidis는 *S.* Typhimurium보다 LT가 짧았으나 온도가 증가함에 따라 두 혈청 형 사이에 LT값의 차이는 작아지는 것으로 나타났다. 반면 SGR값은 보관온도가 증가함에 따라 두 혈청 형의 차이가 커지는 것으로 나타났으며 전반적으로 모든 온도에서 *S.* Enteritidis의 증식이 빠른 것으로 나타났다. 이는 10ºC에서 저장한 계란 구이에서 *S.* Enteritidis는 저장 1일부터 일정한 속도로 증식하여 저장 11일 동안 약 3.50 log CFU/g가 증가한 반면 *S.* Typhimurium는 저장 4일 동안 최초농도를 유지하다 5일째부터 증식하기 시작하여 저장 11일 이후 약 1.88 log CFU/g가 증가하였다는 선행연구결과[1]와 유사하였다. 15ºC 이하의 온도에서 MPD값은 두 혈청 형이 차이를 보였으나 25ºC 이상의 온도에서는 두 혈청 형 간의 차이가 보이지 않았다. 결론적으로 모든 온도에서 *S.* Enteritidis가 *S.* Typhimurium보다 유도기가 짧고 최대증식속도가 빠르게 나타나 액란 제품에서 *S.* Enteritidis의 위험성이 더 큰 것으로 나타났다. 따라서 최근 액란이 다양한 알 가공품에 사용 되는 현황을 고려할 때, *S.* Enteritidis와 *S.* Typhimurium의 위험성을 낮추기 위해 8ºC 이하에서 액란을 판매 유통하는 것이 중요할 것으로 사료된다. 또한 액란 HACCP 공정과정에서 *Salmonella*의 오염관리에 대한 검증이 필요하며 특히 *S.* Enteritidis의 오염이 이루어 지지 않도록 농장, 식용란 수집판매업 등에서 교차오염 예방이 더욱 중요할 것으로 사료된다.

Table 1. Verification of correspondence between secondary model for S. Enteritidis and S. Typhimurium

	Bf	Af	RMSE	MRE
LT	0.47	2.05	22.09	−0.12
SGR	0.86	1.17	0.07	−0.01
MPD	0.54	1.96	33.87	−0.64

LT: Lag time (h)
SGR: Specific growth rate (log CFU/ h)
MPD: Maximum population density (log CFU/ml)
Bf: Bias factor
Af: Accuracy factor
RMSE: Root mean square error
MRE: The median relative error

또한 난황에서 *S.* Typhimurium의 실험 값으로 *S.* Enteritidis의 2차 모델을 검증한 결과는 Table 1과 같다. 개발된 2차 성장예측 모델을 통해 얻어진 예측값과 실제 실험에서 얻어 진 실험값을 이용한 Bf, Af, RMSE, MRE 값을 산출하여 개발된 *S.* Enteritidis의 2차모델이 *S.* Typhimurium 증식예측에 적합한지를 검증하였다. 검증 결과 *S.* Enteritidis의 SGR모델은 Bf가 0.86으로 0.7~1.15 사이에 포함되고 Af (1.17)가 1과 가까우며 RMSE (0.07)와 MRE (−0.01)는 0과 비슷하여 *S.* Typhimurium의 SGR을 설명할 수 있을 것으로 사료된다. 그러나 *S.* Enteritidis의 LT 및 MPD 모델은 *S.* Typhimurium의 LT와 MPD을 설명하기에는 적합하지 않아 두 혈청 형의 증식패턴은 유도기와 최대개체군밀도에서 크게 차이가 나타나는 것으로 사료된다.

국문요약

본 연구는 계란을 난백과 난황으로 분리하여, 액란 상태에서 8, 10, 15, 25, 35ºC의 보관온도가 *S.* Enteritidis와 *S.* Typhimurium 두 혈청 형의 증식 또는 사멸패턴에 미치는 영향을 비교 분석하였다. 난백에서는 8, 10, 15, 35ºC에서 두 혈청 형 모두 감소하였으나 25ºC에서는 두 혈청 형 모두 증식 하여 상온에서의 관리에 대한 주의가 필요한 것으로 나타났다. 반면 10, 15, 25, 35ºC 난황에서는 두 혈

청 형 모두 성장하였으나 8ºC에서는 감소하여 유통・판매 시 난황으로 준비된 액란을 냉장온도로 철저하게 관리해야 할 것으로 판단된다. 난황에서 증식한 *S.* Enteritidis와 *S.* Typhimurium의 성장곡선을 Modified Gompertz model에 적용하여 산출된 유도기(LT)와 최대증식속도(SGR) 및 최대개체군밀도(MPD)값을 Davey model과 Square-root model 및 Polynomial second order model을 이용하여 각각 온도의 영향을 나타내는 2차 모델을 개발하였다. 모든 온도에서 *S.* Enteritidis가 *S.* Typhimurium보다 유도기가 짧고 최대증식속도가 빠르게 나타나 액란 제품에서의 *S.* Enteritidis에 대한 위험성이 더 큰 것으로 나타났다.

References

1. Jo, H.J., Choi, B.G., Wu Yan, Moon, J.S., Kim, Y.J., Yoon, K.S.: Microbiological Quality and growth and survival of foodborne pathogens in ready-to-eat egg products. *J. Fd Hyg. Safety*, **30**, 178-188 (2015).
2. eKAPEpia: The per captia annual consumption of egg. Available from: http://www.ekapepia.com/user/distribution/distDetail.do?nd94541. Accessed on Dec. **29**, 2014 (2014).
3. MFDS (Ministry of Food and Drug Safety): Standards for Processing and Ingredients Specifications of Livestock Products. Available from: http://www.lawnb.com/data/Focuslawdata/lawnbfocusB00047515248.pdf. Accessed on Nov. **12**, 2015 (2015).
4. Kang, G.H., Cho, S.H., Seong, P.N., Park, B.Y., Ham, J.S., Jeong, S.G., Kim, D.H., Chae, H.S.: Microbial and Physicochemical Properties of Liquid Egg during Cold Storage. *Korean J. Food Sci. An.*, **31**, 557-562 (2011).
5. Threlfall, E.J., Wain. J., Peters. T., Lane. C., De Pinna. E., Little. C.L., Wales. A.D., Davies. R.H.: Egg-borne infections of humans with Salmonella: not only an S. enteritidis problem. *Worlds Poult Sci J*., **70**, 15-26 (2014).
6. Yang, S.Y., Hong, Y.H., Lee, H.J., Song, C.S.: Hygienic management for *Salmonella*-free chicken Meat. *Korean J. Poult. Sci.*, **37**, 289-295 (2010).
7. Harriet, W., Kirstin, R.: *Salmonella* and eggs: From Production to Plate. *Int. J. Environ. Res. Public Health.*, **12**, 2543-2556 (2015).
8. Helwigh, B., Korsgaard, H.: The community summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents, antimicrobial resistance and foodborne outbreaks in the European Union in 2006. *EFSA J*. **223**, 312 (2007).
9. Gantois, I., Ducatelle, R., Pasmans, F., Haesebrouck, F., Gast, R., Humphrey, T.J., Van Immerseel, F.: Mechanisms of egg contamination by *Salmonella* Enteritidis. *FEMS Microbiol. Rev*, **33**, 718-738 (2009).
10. Chun, M.S., Hong, S.H.: Identification of Microorganisms from Eggs in Hypermarket in the Northern Gyeonggi Area. *Korean J. Food & Nutr.*, **22**, 396-401(2009).
11. FSIS (Food Safety and Inspection Serviece).: Risk Assessments of *Salmonella* Enteritidis in Shell Eggs and *Salmonella* spp. in Egg Products. Available from: www.fsis.usda.gov/shared/PDF/SE_Risk_Assess_Oct2005. pdf. Accessed on Oct. **1**, 2005 (2005).
12. Singh, A., Korasapati, N.R., Juneja, V.K., Subbiah, J., Froning, G., Thippareddi, H.: Dynamic predictive Model for the Growth of *Salmonella* spp. in Liquid Whole Egg. *J. Food Sci.*, **76**, 225-232 (2011).
13. MFAFF (Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries): Comprehensive countermeasures of hygiene management of egg product. Available from: https://www.poultry.or.kr:456/_rb_m/_view.html?Ncode=notice&number=35673&page=. Accessed on Mar. **18**, 2010 (2010).
14. Ministry of Food and Drug Safety:Statistical system of food poisoning.(2015). Available from https://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/healthyfoodlife/foodPoisoningStat.do?menu_no=519&menu_grp=MENU_GRP02.
15. Kim, Y.J., Chon, J.W., Lim, J.S., Song, B.R., Seo, K.H., Heo, E.J., Moon, J.S.: Contamination at Egg Processing Plants in South Korea:Prevalence, Antibiotic Resistance, and Epidemiological Tracing by Rep-PCR Fingerprinting. *J. Food Sci.*, **80**, 759-764 (2015).
16. Na, Y.J.: Risk assessment and control of *Salmonella* Enteritidis on ready-to-eat(RTE) quail eggs products. M.S. Thesis, Kyunghee University, (2014).
17. Seo, K.Y.: Development of Predictive Model for Growth of *Salmonella* Typhimurium in Kimbab. M.S. Thesis, Chungang University, (2008).
18. Lee, H.J.: Predictive Model for growth of *salmonella* Enteritidis in fresh-cut-cabbage. M.S. Thesis, Hanyang University, (2008).
19. Gibson, A.M., Bratchell, N., Roberts, T.A.: The effect of sodium chloride and temperature on the rate and extent of growth of Clostridium botulinum type A in pasteurized pork slurry. *J. Appl. Bacteriol.*, **62**, 479-490 (1987).
20. Davey, K. R.: A predictive model for combined temperature and water activity on microbial growth during the growth phase. *J. Appl. Bacteriol.*, **67**, 483-488 (1989).
21. Ratkowsky, D. A., Olley, J., McMeekin, T. A., Ball, A.: Relationship between temperature and growth rate of bacterial cultures. *J. Bacteriol.*, **149**, 1-5 (1982).
22. McMeekin, T. A., Olley, J., Ross, T.: Predictive microbiology: theory and application (1993).
23. Ross, T.: Indices for performance evaluation of predictive models in food microbiology. *J. Appl. Bacteriol.*, **81**, 501-508 (1996).
24. McDonald, K., Sun, D.W.: Predictive food microbiology for the meat industry: a review. *Int. J. Food Microbiol.*, **52**, 1-27 (1999).
25. Abou-Zeid, K. A., Oscar, T. P., Schwarz, J. G., Hashem, F. M., Whiting, R. C., Yoon, K.: Development and validation of a predictive model for Listeria monocytogenes Scott A as a function of temperature, pH, and commercial mixture of potassium lactate and sodium diacetate. *J. Microbiol. Biotechnol.*, **19**, 718-726 (2009).
26. Oscar, T. P.: Development and validation of primary, second-

ary, and tertiary models for growth of *Salmonella* Typhimurium on sterile chicken. *J. Food Prot.*, **68**, 2606-2613 (2005).
27. Ratkowsky, D.A.: Model fitting and uncertainty. In: McKellar, R., Lu, X. (Eds.), Modeling Microbial Responses in Foods. CRC Press, Boca Raton, ISBN: 0-8493-1237-X, 151-196 (2003).
28. Geeraerd, A.H., Valdramidis, V.P., Van Impe, J.F.: GInaFiT, a freeware tool to assess non-log-linear microbial survivor curves. *Int. J. Food Microbiol.*, **102**, 95-105 (2005).
29. McQuestin, O. J., Musgrove, M. T., Tamplin, M. L.: Kinetics of growth and inactivation of *Salmonella* enterica serotype Typhimurium DT104 in pasteurised liquid egg products. *J. Food Microbiol.*, **27**, 396-402 (2010).
30. Mukhopadhyay, S., Ukuku, D., Phillips, J. G., Juneja, V. K.: Survival and growth of *Salmonella* enterica serovar Enteritidis in membrane-processed liquid egg white with pH, temperature, and storage conditions as controlling factors. *J. Food Prot.*, **75**, 1219-1226 (2012).
31. Moreau, M.R., Wijetunge, D.S.S., Bailey, M.L., Gongati, S.R., Goodfield, L.L., Hewage, E.M.K.K., Jayarao, B. M.: Growth in Egg Yolk Enhances *Salmonella* Enteritidis Colonization and Virulence in a Mouse Model of Human Colitis. *PLoS ONE*, **11**, e0150258 (2016).
32. Gumudavelli, V., Subbiah, J., Thippareddi, H., Velugoti, P. R., Froning, G.: Dynamic predictive model for growth of *Salmonella* Enteritidis in egg yolk. *J. Food Sci.*, **72**, M254-M262 (2007).
33. Jan, S.: Scientific Opinion on the public health risks of table eggs due to deterioration and development of pathogens1. *EFSA J.*, **12**, 1-147 (2014).