

저온살균법에 따른 *Listeria monocytogenes*의 저감화 효과

전은비 · 박신영†

경상국립대학교(학생) · †경상국립대학교(교수)

Effects of Low-Heat Treatment on *Listeria Monocytogenes* Reduction

Eun Bi JEON · Shin Young PARK†

Gyeongsang National University(student) · †Gyeongsang National University(professor)

Abstract

This study investigates the effects of low-heat treatments on the reduction of *Listeria monocytogenes* in the tryptic soy broth at temperatures of 85°C and 90°C over various time intervals. At 85°C, *L. monocytogenes* showed an initial concentration of 7.87 log CFU/mL, with reductions of 0.65 log and 0.88 log CFU/mL after 0.5 and 1 min, respectively. A 3-min of 85°C treatment resulted in a 1.76 log reduction, and complete inactivation occurred after 15 min of 85°C. At 90°C, reductions were 0.72, 0.93, 1.86, and 2.99 log CFU/mL after 0.5, 1, 3, and 5 min, respectively, with complete inactivation achieved after 7 min. The Weibull model was employed to analyze the low-heat treatment data, revealing D-values (1-log reduction) of 1.64 min at 85°C and 1.09 min at 90°C. The model parameters suggested a non-linear decrease in survival rates of *L. monocytogenes* with treatment duration. Additionally, following FDA guidelines for seafood processing, a sequential low-heat treatment (67°C for 5 min, 72°C for 1 min, 75°C for 1 min) demonstrated cumulative reductions, achieving up to 5.97 log CFU/mL when combined. These findings highlight the effectiveness of multiple heating stages over single treatments for microbial reduction and emphasize the need for further research on the factors influencing thermal resistance in different food matrices. This study provides basic data for establishing effective low-heat processing methods to ensure the safety of *L. monocytogenes* in various food products.

Key words : Low-heat treatment temperature, Low-heat treatment time, *Listeria monocytogenes*

I. 서론

식품 산업에서 미생물 오염은 식품의 부패 및 안전성 문제를 초래하게 되며, 이러한 오염은 소비자 건강에 직접적인 영향을 미칠 수 있다. 식품에 대한 주요 식중독 세균의 오염은 식품 원료, 불충분한 살균, 생산 및 유통과정에서의 오염 등 여러 단계에서 발생할 수 있으므로, 이를 예방하기 위한 철저한 관리 체계가 필요하다. 현재까지 식품에 존재하는 식중독 세균의 저감화를

위해 가열살균법, 초고압 처리, 감마선 및 방사선 처리와 같은 다양한 물리적 방법과 화학적 보존제 첨가와 같은 화학적 방법이 주로 활용되고 있다(Lee and Yuk, 2020). 가열살균법은 대부분의 상업적 가공식품 제조에서 널리 사용되어 미생물 활성을 억제하여 식품의 저장성을 높이는 데 기여하지만, 이 과정은 식품의 조직감, 색 변화, 단백질 등 영양소와 관능적 및 기능적 품질의 저하를 초래할 수 있다. 결과적으로, 더 신선한 제품에 대한 수요를 충족하기 위해 미가열 처리를 하

† Corresponding author : 055-772-9143 sypark@gun.ac.kr

는 추세이다(Dash et al., 2022). 그러나 가열 온도를 감소시키면 미생물 안전성 문제가 발생할 우려가 있다. 저온 살균법이 개발되었음에도 불구하고, 저온 살균 공정의 실패와 이후 발생하는 오염으로 인한 미생물 오염 문제는 여전히 중요한 사항으로 남아 있다. 따라서 식품의 특성에 따라 최적의 열처리 시간과 온도를 찾는 것이 필요하다(Won and Park, 2024).

리스테리아 모노사이토제네스(*Listeria monocytogenes*)는 농산, 축산, 수산 식품 등 다양한 경로를 통해 발생 빈도가 증가하고 있는 식중독 세균으로, 식품 산업과 공중 위생 분야에서 중요한 문제로 인식되고 있다(MFDS, 2024). 리스테리아 모노사이토제네스에 의해 발생하는 리스테리아증(Listeriosis)은 식품의 가공 및 저장 과정에서 성장을 통해 사람에게 감염되며, 초기 단계에서는 발열, 오한, 근육통 등의 증상이 나타난다. 감염자의 건강 상태와 감염된 균의 양에 따라 심각한 경우 패혈증이나 신경 증상이 나타날 수 있으며, 특히 면역력이 저하된 집단인 임산부, 신생아 및 노인에서 발병 위험이 증가하는 경향이 있다(FDA, 2007). 리스테리아 모노사이토제네스는 저온 환경에서도 생존할 수 있는 특성을 가지고 있으며, 이는 냉장 온도, 높은 소금 농도 및 낮은 pH 조건에서도 내성을 나타내므로, 특히 유통기한이 긴 즉석섭취식품과 같은 냉장 가공 식품에 존재할 경우 식중독 위험 요소로 작용한다. 즉석 섭취 식품에 대한 EU 미생물 기준 규정에 따르면(EFSA and ECDC 2023), 생산 시점에서 25 g의 샘플에서 리스테리아 모노사이토제네스가 검출되어서는 안 되며, 유통 기한 종료 시점에서는 최대 100 CFU/g의 허용 범위가 설정되어 있다. 이와 같이 리스테리아 모노사이토제네스에 따른 항미생물 효과를 구체적으로 분석하고 실용적인 식품의 현장 적용을 위해서는 식품 및 pilot 규모에서의 다양한 연구가 수행되어야 한다.

따라서 본 연구에서는 이와 관련한 기초연구로서 100°C 이하의 저온 열처리(온도, 시간)에 따라

리스테리아 모노사이토제네스에 대한 살균효과를 조사하였다. 아울러 수학적 모델링을 활용하여 본 열처리 조건에서 이 식중독균의 불활성화를 나타내는 사멸 값(D-value)을 분석하였다.

II. 연구 방법

1. 살균 대상 미생물 및 시료준비

본 연구에서는 리스테리아 모노사이토제네스 균주 3종(ATCC 19113, ATCC 19115, ATCC 19111)을 사용하였다. 세균 stock은 30% glycerol이 포함된 Tryptic Soy Broth (TSB; BD/Difco Laboratories, Detroit, MI, USA)에서 보존되었으며, -80°C에서 보관되었다. 실험 준비를 위해 각각의 균주는 10 mL의 TSB에 접종한 후 30°C에서 24시간 동안 증균 배양하는 과정을 두 차례 반복하였다. 이후 배양액은 원심분리(5,400 rpm, 10분)를 통해 세포를 침전(pellet)시키고, 얻어진 pellet은 펩톤수에 현탁하였다. 리스테리아 모노사이토제네스의 최종 농도는 약 10^8 CFU/mL로 측정되었다.

2. 저온살균

리스테리아 모노사이토제네스의 현탁액(suspension)은 85°C와 90°C에서 각각 30초, 1분, 3분, 5분, 7분, 10분, 및 15분 동안 단일 노출되었다. 또한 순차적 열처리 방법은 미국 식품의약국(FDA, 2022)에서 제시한 온도와 시간을 기준으로 수행하였으며, 67°C/5분, 67°C/5분 + 72°C/1분, 67°C/5분 + 72°C/1분 + 75°C/1분의 순서로 열처리에 노출되었다. 노출 시간은 내부 온도가 목표 온도에 도달했을 때부터 시작되었으며, 온도 측정 시간은 각각 67°C, 72°C, 75°C, 85°C, 90°C에서 2.4분, 2.9분, 3.1분, 5.5분, 6.2분으로 기록되었다. 각각의 열처리된 현탁액은 즉시 얼음물에서 10분 동안 냉각되었다.

3. 미생물 계수

리스테리아 모노사이토제네스의 계수를 위해 각각의 처리된 현탁액은 0.85% 멸균생리식염수로 10배 단계 희석하였다. 희석된 샘플(1 mL)은 petri dish에 분주 후 Tryptic Soy Agar (TSA, Difco, Detroit, MI, USA)를 주입하여 30°C에서 24-48시간 배양하였다. 미생물의 계수는 배지 위에 형성된 colony를 계수하여 logCFU/mL으로 나타내었다.

4. 미생물의 D-value

리스테리아 모노사이토제네스의 열처리에 따른 살균효과는 다음과 같이 Weibull 모델을 사용하여 D-value (decimal reduction time)을 측정하였다. Weibull 모델은 두 개의 parameter를 가진 비선형 회귀 모델로, 다음 식을 사용하여 리스테리아 모노사이토제네스의 D-value를 계산하는 데 사용되었다. α 와 β 값은 Microsoft Excel 2015에 non-linear least-squares regression 해 찾기 기능을 이용하여 분석하였다.

$$\text{Log}\left(\frac{N_t}{N_0}\right) = -\frac{1}{2.303} \left(\frac{H_t}{\alpha}\right)^\beta \dots\dots\dots (1)$$

- N_t , 열처리를 t 시간 처리한 후의 세균 집락 수(colony forming unit, CFU)
- N_0 , 초기세균 농도
- t , 노출시간
- α , Scale parameter
- β , Shape parameter

Weibull parameter로부터 D-value를 계산하기 위해 다음 식을 활용하였다.

$$D = \alpha \times (2.303)^{1/\beta} \dots\dots\dots (2)$$

D는 미생물 수 90% 감소시키는 데 필요한 가

열처리 시간을 나타낸다. Weibull 모델은 비선형 회귀 분석을 통해 적합 모형을 수행하였으며, 이 과정은 GraphPad Prism 5.0 for Windows 소프트웨어(GraphicPad Software, San Diego, CA, USA)를 사용하여 수행하였다.

5. 통계분석

모든 분석은 3회 반복으로 수행되었으며, 관찰된 실험 결과는 SPSS 25 (IBM SPSS Statistics, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여 분석하였다. 각 실험군 간의 차이가 통계적으로 유의미한 경우($P < 0.05$), 3회 반복 실험의 평균값은 다중위검정법(Duncan multiple-range test)을 통해 분석하였다.

III. 연구 결과

1. 저온 열처리에 따른 리스테리아 모노사이토제네스의 살균효과 및 D-value

85°C 및 90°C의 온도에서 다양한 처리 시간을 통해 열처리가 리스테리아 모노사이토제네스의 저감화에 미치는 효과를 <Table 1>에 나타내었다. 처리 온도는 일반적인 저온 살균 온도 범위와 예비 실험을 기반으로 설정하였다. 85°C에서의 경우, 초기 농도가 7.87 log CFU/mL였으며, 0.5분 및 1분 처리 시 각각 0.65 log 및 0.88 log CFU/mL으로 1 log CFU/mL 내외 저감화되기 시작하여 3분 처리 시 1.76 log CFU/mL로 저감화되었다. 10분 처리 시에는 3.74 log CFU/mL의 저감화를 보였으며 최대 15분 처리에서는 완전 불활성화가 확인되었다. 90°C에서의 경우, 0.5, 1, 3, 5분 처리 시 각각 0.72, 0.93, 1.86, 2.99 log CFU/mL의 저감화가 나타나 85°C에서의 경향과 유사한 결과를 보였다. 그러나 7분 이상 처리 시에는 리스테리아 모노사이토제네스가 모두 불활성화되었다. 이러한 연구 결과는 온도와 처리 시간의 변화에 따라 유의적인 감소를 나타내었다.

<Table 1> Effect of low-heat treatment (85°C and 90°C) on the reduction of *Listeria monocytogenes* in the suspension

Low-heat treatment (min)	Mean±SD of <i>Listeria monocytogenes</i>	
	85°C	90°C
Control	7.87 ± 0.07 ^{aA}	7.87 ± 0.07 ^{aA}
0.5	7.23 ± 0.14 ^{bA}	7.16 ± 0.06 ^{bA}
1	7.00 ± 0.22 ^{bA}	6.95 ± 0.12 ^{bA}
3	6.11 ± 0.12 ^{cA}	6.01 ± 0.12 ^{cA}
5	5.07 ± 0.17 ^{dA}	4.88 ± 0.22 ^{dB}
7	4.13 ± 0.27 ^e	-
10	3.13 ± 0.13 ^f	-
15	-	-

Within the same column, means with different letters a-f for 85°C and a-d for 90°C differ significantly ($P<0.05$) by Duncan's multiple range test.

Within the same row, means with different letters (A,B) differ significantly ($P<0.05$) by t-test.

The data indicates means with standard deviations (three samples/treatment).

Park et al.(2022)의 연구에서는 배 푸레에 존재하는 일반 세균수, 대장균, 효모를 70°C 및 90°C에서 15분간 열수 처리했을 때, 일반 세균수와 대장균 모두 불활성화 되어 저감화에 효과적임을 보였다. 또한, 효모균은 각각 0.73 log 및 1.49 log 저감화가 관찰되었다. 일반적으로 그람양성균의 세포벽은 그람음성균에 비해 두꺼운 펩티도글리칸층으로 구성되어 있어 외부 환경에 대한 저항력이 상대적으로 강하며(Do and Bang, 2013), 이로 인해 살균 처리에 대한 민감도 또한 차이를 보이는 것으로 생각된다. Ceylan et al.(2017)의 연구에 따르면 완두콩, 시금치, 브로콜리, 감자, 당근에서 리스테리아 모노사이토제네스가 85°C 및 87.8°C에서 0.5분 이내에 모든 제품에서 5 log 이상의 감소가 이루어졌다고 보고하였다. 또한, Verheyen et al.(2021)의 연구에서는 리스테리아 모노사이토제네스가 액체 상태 및 점도가 있는 액체 상태에서 69°C에서 8.8분 동안 가열 처리 시 각각 6.2 및 1.4 log CFU/mL 저감화되었으며, 점도가 있는 경우 열에 대한 세포

보호효과가 증가한다고 보고하였다. 앞선 연구들은 우리의 연구 결과와는 상이하다. 리스테리아 모노사이토제네스의 균주 간 가열 처리 비활성화의 동역학 차이는 동일한 균주일지라도 다른 결과를 초래할 수 있다. 여러 균주를 혼합(Cocktail)하여 사용하는 경우 신뢰도를 높일 수 있으나, 이로 인해 발생하는 미생물 비활성화의 동역학 결과는 해석이 복잡해질 수 있다(Brar et al., 2023; Balasubramaniam et al., 2004). 또한, 미생물의 성장 조건에 따라 열 저항성 차이가 관찰될 수 있으며 더 높은 온도에서 배양된 균주는 가열 처리 비활성화 과정에서 향상된 내열성을 보인다. 특히, 우유에서 직접 성장한 리스테리아 모노사이토제네스는 배지에서 배양된 균주에 비해 열에 대한 민감성이 낮은 것으로 나타났다(Alvarez-Ordóñez et al., 2009). 이러한 결과를 바탕으로, 연구의 목적에 따라 대상 식품 또는 생산 환경에서 분리된 균주를 사용하는 것이 바람직하다.

Weibull 모델은 가열 및 비가열 공정에 의한

<Table 2> Effect of low-heat treatment (85°C and 90°C) on the reduction of *Listeria monocytogenes* in the suspension

Temperature	Model parameters		R ²	D-value ± SD (min)
	$\beta \pm SD$	$\alpha \pm SD$		
85°C	0.661 ± 0.028	0.731 ± 0.013	0.99	1.64 ± 0.03 ^a
	0.884 ± 0.031	0.975 ± 0.024		
90°C	0.884 ± 0.031	0.975 ± 0.024	0.98	1.09 ± 0.02 ^b
	0.661 ± 0.028	0.731 ± 0.013		

The D-value of *L. monocytogenes* was calculated using the Weibull model.

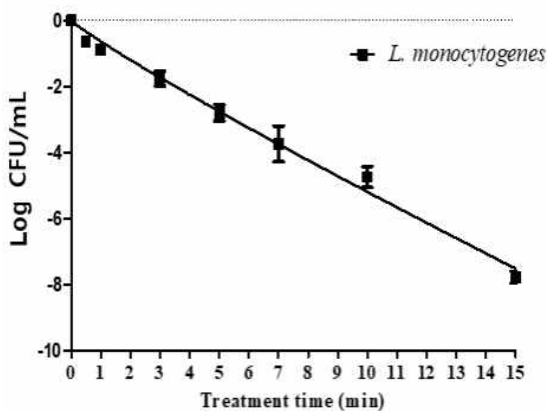
β , shape parameter; R², correlation coefficient.

The letters a and b in a column represent significant differences (P<0.05) in D-value based on a t-test.

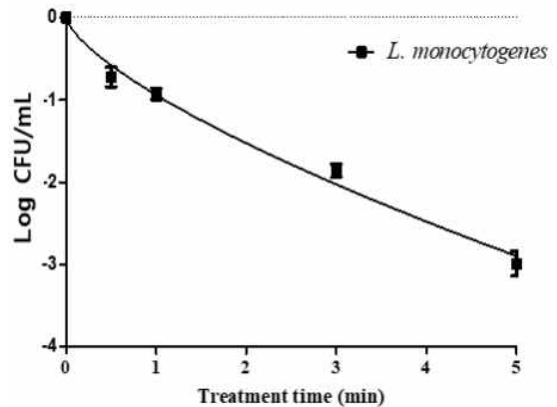
The data indicates means with standard deviations (three samples/treatment).

미생물 비활성화를 설명하는데 주로 사용되어 왔으며 비선형 회귀 모델(non-linear models)이 로그 선형 모델(log-linear model)보다 더 우수하다고 보고되었다(Aryani et al., 2015). 본 연구에서는 85°C 및 90°C에서 각각 0.5, 1, 3, 5, 7, 10, 15 분 동안 리스테리아 모노사이토제네스를 처리한 후, 그 결과를 Weibull 모델을 이용하여 분석하였다(Fig 1, 2). 또한 열처리 시간이 Weibull 모델의 parameter인 β 와 α 값에 미치는 영향을 확인하였다(Table 2). D-value는 85°C 및 90°C에서 각각 1.64분과 1.09분으로 나타났으며, 이는 온도가 높을수록 미생물의 사멸 시간이 단축되어 사멸이 비교적 용이함을 시사한다. R²값이 1에 가까운

상관계수는 모델 적용에 따른 D-value의 사멸 패턴의 정확성을 나타내며, 85°C 및 90°C에 각각 0.99 및 0.98로 기록되어 이 모델이 생존 곡선에 적합함을 보여주었다. Weibull 모델의 parameter β 는 생존 곡선의 형태를 결정하는 중요한 요소로, β 가 1보다 작을 경우 concave upward 형태를 보이며, 1보다 클 경우에는 concave downward 형태를 나타낸다. β 가 1일 경우에는 선형(linear) 형태가 된다. 본 연구에서 사용된 리스테리아 모노사이토제네스의 경우, parameter β 가 1보다 작아 concave upward 형태로 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 이는 리스테리아 모노사이토제네스의 생존율이 열처리 시간에 따



[Fig 1] Effects of low-heat treatment (85°C) on *L. monocytogenes* in dried laver and fitted survival curves by the Weibull model.



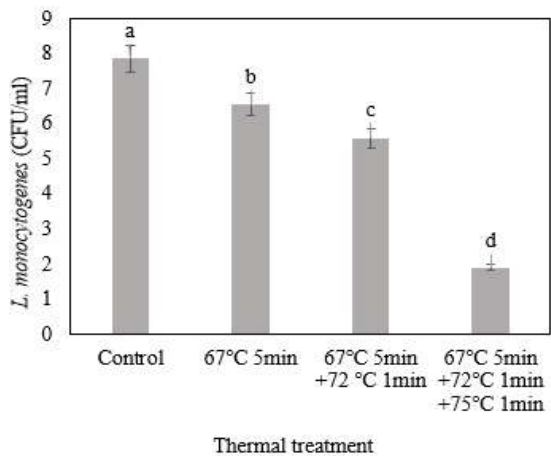
[Fig 2] Effects of low-heat treatment (90°C) on *L. monocytogenes* in dried laver and fitted survival curves by the Weibull model.

라 비선형적으로 감소함을 나타내며, 다양한 온도 조건에서의 미생물 저감화 효율성을 이해하는데 중요한 정보를 제공한다.

2. 순차적 열처리에 따른 리스테리아 모노사이토제네스의 살균효과

미국 식품의약국(FDA)의 “Fish and Fishery Products Hazards and Controls Guidance”에 따르면, 수산물 및 수산물 가공품의 병원체 미생물의 성장과 독소 형성을 제어하기 위한 시간 및 온도 지침으로, 리스테리아 모노사이토제네스의 경우 6-log 저감화를 달성하기 위해 67°C에서 5분, 72°C에서 1분, 75°C에서 40초의 처리를 권장하고 있다(U.S. FDA, 2022). 따라서 본 연구에서는 FDA에서 권장한 살균 처리를 참고하여 리스테리아 모노사이토제네스 저감화 효과를 [Fig 3]에 나타내었다. 초기 리스테리아 모노사이토제네스의 균수는 7.87 log CFU/mL로 측정되었으며, 60°C에서 5분간 처리했을 때 1.31 log CFU/mL의 저감화가 이루어졌다. 또한 67°C/5분 처리 후 72°C에서 1분간 추가 처리 했을 때는 2.27 log CFU/mL의 저감화가 발생하였고 67°C/5분 + 72°C/1분 + 75°C/1분 처리 시에는 5.97 log CFU/mL의 저감화가 나타났다. 이러한 결과는 특정 균주가 열처리에 대한 저항력, 연구의 실험 환경, 시료의 물리적 특성 등 다양한 요인들이 복합적으로 작용하여 FDA의 권장 조건인 67°C에서 5분의 열처리로 6 log CFU/g 저감화가 이루어지지 않았을 가능성이 있음을 시사한다. 이는 추가적인 연구를 통해 이러한 요인들을 더욱 명확히 규명하는 것이 필요하다. 다만, 본 연구에서는 여러 단계의 가열 처리가 단일 열처리보다 미생물 저감화에 더욱 효과적이며, 미생물의 생존율을 점진적으로 감소시키는 것으로 확인되었다. Li et al.(2020)의 연구에 따르면 우유에 존재하는 호열성 세균은 80/85°C, 85/90°C, 80/90°C와 같은 유사한 온도에서 순차적 열처리한 경우보다 73.5/125°C와 같이 낮은

온도에서 높은 온도로 순차적 열처리했을 때 검출 미만 한계(1 log CFU/mL 이하)로 크게 저감화된 것으로 나타났다. 따라서 본 연구는 리스테리아 모노사이토제네스의 안전성을 확보하기 위한 효과적인 열처리 방법에 대한 기초 데이터를 제공하며, 다양한 식품을 대상으로 한 연구의 확대가 필요할 것으로 사료된다.



[Fig 3] Effect of sequential low-heat treatment (67°C for 5 min, 72°C for 1 min, 75°C for 1 min) on the reduction of *L. monocytogenes* in the suspension.

IV. 결론

본 연구는 85°C 및 90°C에서의 다양한 열처리 시간이 리스테리아 모노사이토제네스의 저감화에 미치는 효과를 평가하였다. 결과적으로, 85°C에서 15분 처리 시 완전 불활성화가 확인되었으며, 90°C에서는 7분 이상의 처리로 모든 균주가 불활성화되었다. Weibull 모델을 이용한 분석에서 D-value는 85°C 및 90°C에서 각각 1.64분과 1.09분으로 나타났으며, R²값이 0.99 및 0.98로 기록되어 모델의 적합성을 확인하였다. β 값이 1보다 작아 비선형적인 생존율 감소를 나타낸 것은 열처리 조건에 따른 미생물 저감화 효율성을 이해하는데 중요한 정보를 제공한다. 또한 미국

식품의약품(FDA)의 지침에 따라 리스테리아 모노사이토제네스의 6-log 저감화를 위한 처리 조건 (67°C/5분, 67°C/5분 + 72°C/1분, 67°C/5분 + 72°C/1분 + 75°C/1분)을 적용한 결과 최대 5.97 log CFU/mL의 저감화가 확인되었다. 결론적으로, 본 연구는 리스테리아 모노사이토제네스의 사멸에 영향을 미치는 열처리 변수에 대한 데이터를 제공하지만 향후 연구에서는 다양한 식품 매트릭스와의 상호작용을 고려한 실험이 필요하며, 이를 통해 열처리 방법의 범용성을 검토할 수 있을 것으로 사료된다.

References

- Alvarez-Ordóñez A, Fernández A, Bernardo A, and López M(2009). Heat-resistance prediction of *Listeria innocua* grown at different temperatures. *J Food Saf.*, 29(3), 474-483.
<https://doi.org/10.1111/j.1745-4565.2009.00170.x>
- Aryani DC, Den Besten HM.W, Hazeleger WC, and Zwietering MH(2015). Quantifying variability on thermal resistance of *Listeria monocytogenes*. *Int J Food Microbiol.*, 193 130~138.
<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.10.021>
- Balasubramaniam V, Ting E, Stewart C, and Robbins J(2004). Recommended laboratory practices for conducting high-pressure microbial inactivation experiments. *IFSET.*, 5(3), 299~306.
<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2004.04.001>
- Brar J, Novoa-Rama E, Corkran S, Juneja VK, Kroft B, and Singh M(2023). Predictive modeling of thermal inactivation of non-O157 Shiga toxin-producing *Escherichia coli* in ground beef with varying fat contents. *Int Food Res.*, 174(1), Article 113481.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113481>
- Ceylan E, McMahon W, and Garren DM(2017). Thermal inactivation of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* during water and steam blanching of vegetables. *J Food Prot.* 80(9):1550~1556.
<https://doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-16-517>
- Dash KK, Fayaz U, Dar AH, Shams R, Manzoor S, Sundarsingh A, Deka P, and Khan SA(2022). A comprehensive review on heat treatments and related impact on the quality and microbial safety of milk and milk-based products. *Food Chemistry Advances*, 1, Article 100041.
<https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100041>
- Do JS and Bang WS(2013). Bactericidal effect of 461 nm blue light emitting diode on pathogenic bacteria. *Korean J Food Preserv* 20: 419~423.
<https://doi.org/10.11002/kjfp.2013.20.3.419>
- EFSA and ECDC. 2023. The European Union One Health 2022 Zoonoses Report. *EFSA Journal* 21(12): e8442.
<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.e8442>
- Food and Drug Administration(FDA)(2007). *Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins Handbook: Listeria monocytogenes*. Silver Spring, MD, USA.
- Lee SG and Yuk HG(2020). Application of bacteriophage for microbiological Food Safety. *J Biotechnol Bioind.*, 8(0), 1~5.
<https://doi.org/10.37503/jbb.2020.8.1>
- Li F, Hunt K, Buggy AK, Murphy KM, Ho QT, O'Callaghan TF, Butler F, Jordan K, and Tobin JT(2020). The effects of sequential heat treatment on microbial reduction and spore inactivation during milk processing. *Int Dairy J.*, 104,
<https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104648>
- Ministry of Food and Drug Safety (MFDS)(2024). Risk assessment of *Listeria monocytogenes* in agriculture, livestock and fishery products. Available from:
https://www.nifds.go.kr/brd/m_271/view.do?seq=12550. Accessed Oct. 18, 2024.
- Park MK., Cho YS and Jang HW(2022). Optimization of hydrothermal treatment conditions for pear puree using the response surface methodology. *J Korean Soc Food Sci Nutr.*, 51(11), 1205~1214.
<https://doi.org/10.3746/jkfn.2022.51.11.1205>
- U.S. FDA(2022). Guidance for the Industry: Fish and Fishery Products Hazards and Controls Guidance, June 2022 Edition. from:
<https://www.fda.gov/media/80637/download>. Accessed Oct. 18, 2024
- Verheyen D, Altin O, Skipnes D, Erdogdu F, Skåra T, and Van Impe JF(2021). Thermal inactivation of

Listeria monocytogenes in the Shaka agitated reciprocal retort: Influence of food matrix rheology and fat content. Food Bioprod Process., 125, 22~36. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.10.007>

Won S and Park S(2024). Effects of high temperature short time and high hydrostatic pressure treatment on the microbial and physicochemical characteristics of ted neet juice. J

Korean Soc Food Sci Nutr., 53(4), 392~399.
<https://doi.org/10.3746/jkfn.2024.53.4.392>

-
- Received : 28 October, 2024
 - Revised : 08 November, 2024
 - Accepted : 14 November, 2024