

*Listeria monocytogenes*의 열저항성에 미치는 pH와 Nisin의 효과

이신호* · 조현순
효성여자대학교 식품가공학과

Effect of pH and Nisin on Heat Resistance of *Listeria monocytogenes* Scott A

Lee, Shin Ho* and Hyun Soon Jo

Department of Food Science and Technology,
Hyosung Women's University, Hayang 713-702, Korea

Abstract — The effect of pH(7, 5 and 4) and nisin (100 and 200 IU/ml) on heat resistance of *Listeria monocytogenes* Scott A were determined using citrate-phosphate buffer system. Heat resistance of vegetative and starved cell was decreased as pH value was lower at 65 and 72°C. Starved *L. monocytogenes* was more resistant than vegetative cell at both temperature. Heat resistance of vegetative and starved cell was decreased significantly with treatment of nisin. The effect of nisin was increased significantly at low pH(pH 5, 4). Adherent microcolony was more resistant to heat and nisin than planktonic cell. Contamination of *L. monocytogenes* may be prevent by using nisin in food and food processing environments.

*Listeria monocytogenes*는 토양, 물, 사료 또는 동물의 분변 등 자연환경에 널리 분포되어 있어 신장염, 채소 그리고 각종 가공식품에 오염되어(1, 2) listeriosis를 유발시키는 병원성 미생물로 알려져 있어 최근 식품 위생학적인 측면에서 관심이 집중되고 있다. *L. monocytogenes*는 식품 뿐만 아니라 세척이 불완전한 식품가공 기계표면이나 식품과 접촉하는 표면에서도 발견되며(3, 4) 영양 결핍 조건하에서도 습한 표면에서는 adherent microcolony를 형성하여 열처리, 항균제, 소독제 등에 강한 내성을 나타낸다(5-7). 식품에 있어 미생물의 열저항성은 식품의 조성과 미생물 세포 자체의 생리적 조건에 영향을 받는다(8). Nisin은 Swiss cheese에 처음으로 식품 보존제로 사용(9)된 후 tomato juice, meat slurries, 맥주, 포도주 등에 사용 가능성이 연구(10-13)되었으며 통조림 식품의 열처리 시간을 감소시키는 효과(14)가 있는 *Lactococcus lactis*가 생산하는 antibacterial substance로 최근 *L. monocytogenes*의 성장억제 효과에 관한 연구(15-17)

가 보고되었다. 본 연구에서는 *L. monocytogenes*의 열저항성에 미치는 pH와 nisin의 효과를 검토하였다.

재료 및 방법

사용균주

미국 조지아대학 식품가공학과로부터 분양받은 *Listeria monocytogenes* Scott A를 tryptic soy agar(TSA, Difco) slant에 접종하여 35°C에서 24시간 배양한 후 4°C에서 보관하면서 사용하였다.

Nisin stock solution 조제

Nisin(Sigma Chemical Co., 1,000,000 IU/g) 0.01 g을 0.05 N NaCl 10 ml에 용해시킨 후 사용할 때까지 동결상태를 유지하였다.

성장검사

24시간 배양한 *L. monocytogenes*를 nisin 0, 100, 200 IU/ml 함유한 tryptic soy broth(TSB)에 각각 접종하여 35°C와 21°C에 배양하면서 일정시간 간격으로 시료를 채취하여 600 nm에서 O.D를 측정하였다.

Key words: *Listeria monocytogenes*, nisin, pH, heat resistance

*Corresponding author

Cell의 조제 및 열저항성 검사

정상세포(vegetative cell), 영양결핍세포(starved cell) 및 adherent microcolony의 조제는 전보(7)와 동일한 방법을 사용하였으며 이들의 열저항성 검사는 vegetative cell과 starved cell을 멸균 citrate-phosphate buffer(pH 7.0, 5.0, 4.0)와 nisin stock soln을 첨가하여 nisin 농도 100 IU, 200 IU로 조절한 citrate-phosphate buffer에 각각 현탁시켜 2 ml gold band ampoule(Wheaton Co.)에 각각 분주하여 밀봉한 후 65°C 와 72°C 의 water bath에서 각각 30초, 1분, 3분간 열처리한 후 즉시 냉각하여 생균수를 측정하였다. 생균수의 측정은 시료를 0.1% peptone 용액으로 적정 희석한 후 pour plate method로 TSA에 접종하여 35°C 에서 48시간 배양한 후 형성된 colony 수를 계측하였다.

Surface-adherent microcolony의 열저항성은 adherent microcolony를 형성한 slide를 멸균 phosphate diluent로 세척한 후 nisin 농도, 0, 100, 200 IU/ml의 citrate-phosphate buffer(pH 7.0, 5.0) 25 ml가 담긴 시험관에 slide를 넣어 각각 65°C 와 72°C 의 항온수조에서 30초, 1분, 3분간 열처리하고 즉시 얼음물에 냉각시켜 생균수 측정을 하였다. Adherent cell과 planktonic cell의 열저항성 비교는 TSB에 배양한 균체와 stainless steel slide에 생성된 adherent cell을 stainless steel slide에서 scraper로 분리하여 phosphate buffer(pH 7)에 분산시켜 상기와 동일한 방법으로 실시하였다. 열저항성 검사는 동일 조건으로 4회반복 실시하였다.

결과 및 고찰

Listeria monocytogenes Scott A의 성장에 미치는 Nisin의 효과

Nisin 농도 0, 100, 200 IU/ml을 함유한 TSB에 24시간 배양한 *L. monocytogenes* Scott A를 접종하여 35°C 에서 배양한 결과(Fig. 1) nisin 첨가에 의해 배양 12시간까지는 성장이 억제되었으나 배양이 진행됨에 따라 성장은 억제되지 않았으며 nisin의 농도가 증가함에 따라 억제효과는 더욱 뚜렷하였다. 21°C 에 배양한 결과(Fig. 2) 유도기가 연장되는 경향을 보였으며 대조구의 경우 배양 24시간 이후 정지기를 나타낸 반면 200 IU/ml 첨가구는 유도기를 나타내었고 배양 36시간까지 뚜렷한 성장억제 현상을 나타내었다. *Lactococcus lactis*가 생산하는 nisin은 gram-positive

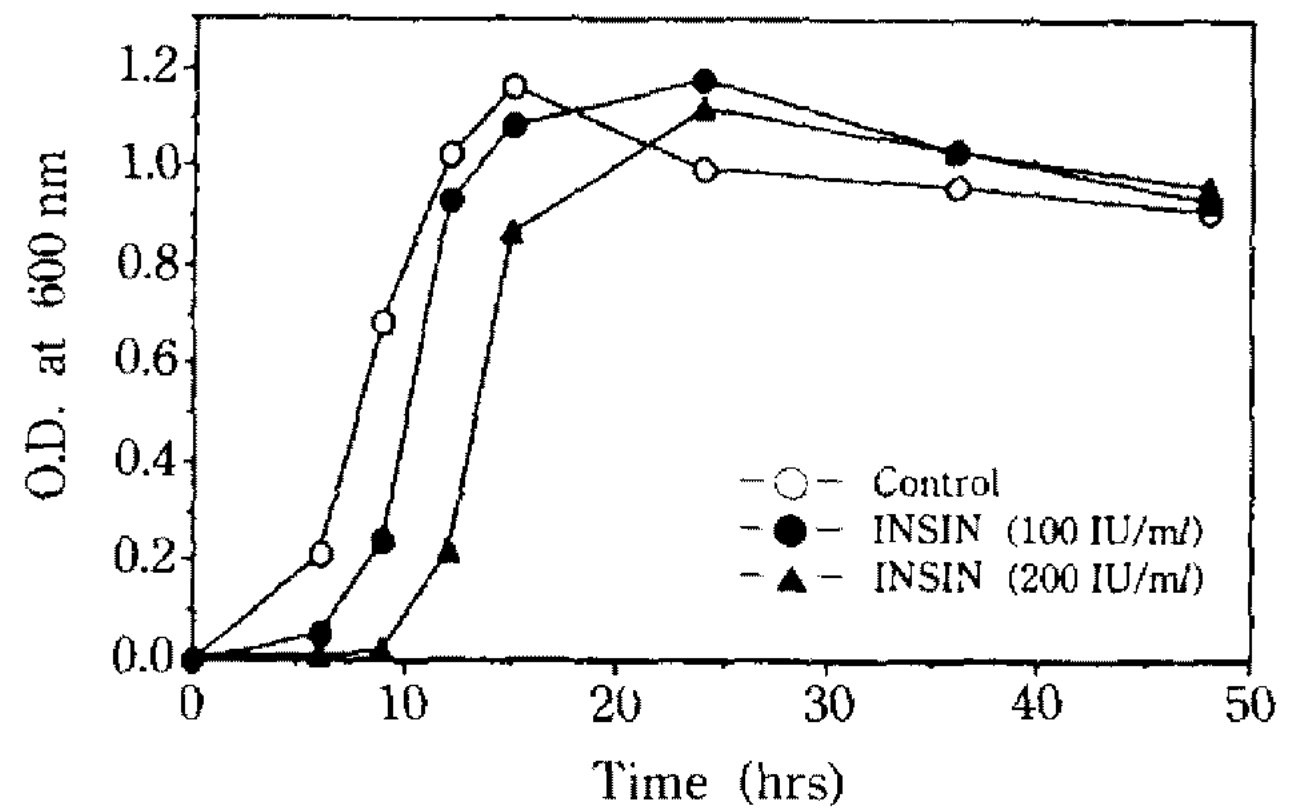


Fig. 1. Inhibitory effect of nisin on the growth of *Listeria monocytogenes* Scott A at 35°C.

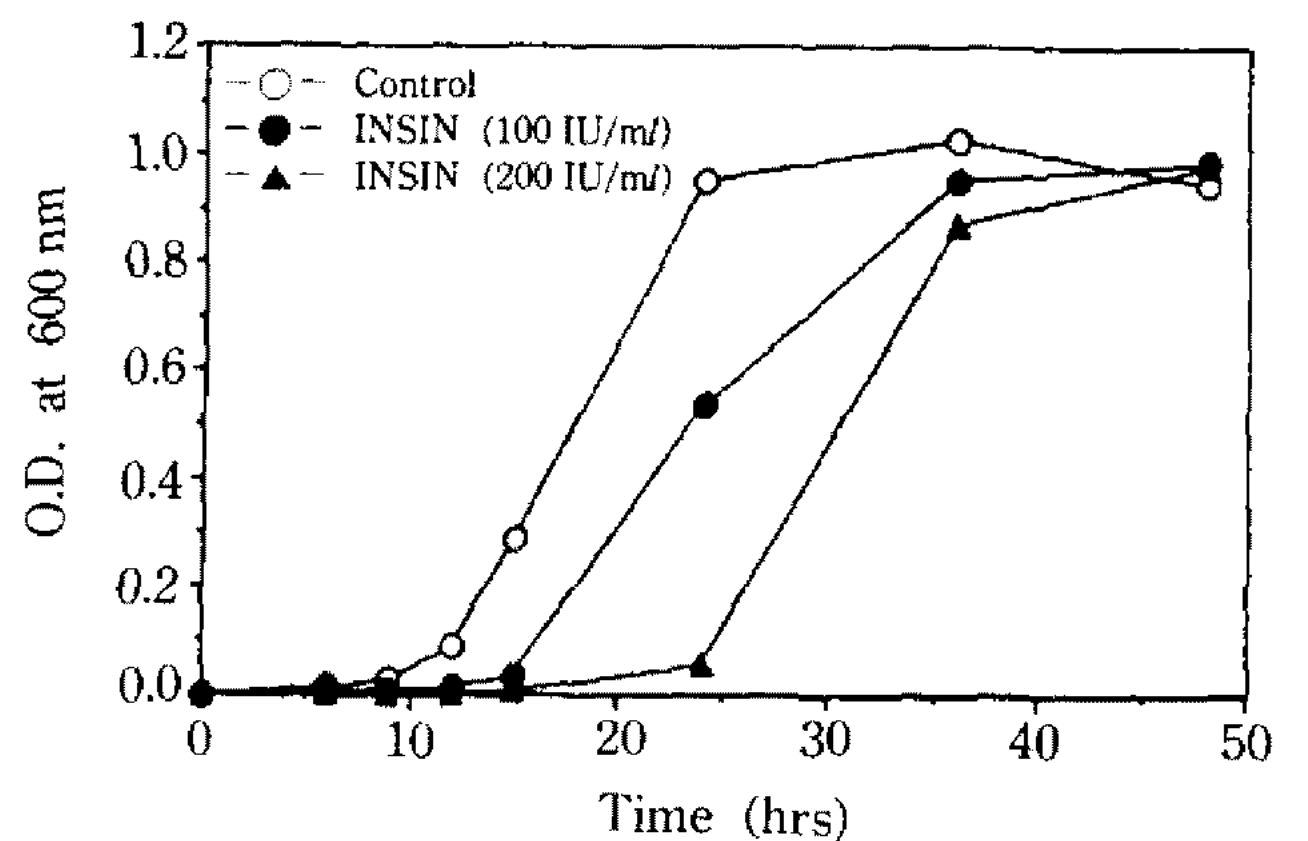


Fig. 2. Inhibitory effect of nisin on the growth of *Listeria monocytogenes* Scott A at 21°C.

bacteria의 성장 억제효과가 있으며(18), Mohamed 등(19)은 ml당 32 IU 또는 256 IU에서는 균주에 따라 *L. monocytogenes*의 성장이 완전히 억제되었다고 보고하였다. Somers와 Taylor(20)는 몇몇 균주의 *L. monocytogenes*는 500 IU/ml에서도 저항성이 있었으며 *L. monocytogenes* Scott A가 특히 저항성이 강하였고 2000 IU/ml의 농도에서도 성장은 수일간 지연될 뿐 완전히 억제되지 않았다는 보고와 본 실험 결과는 유사한 경향을 나타내었다.

pH와 Nisin이 *Listeria monocytogenes* Scott A의 열저항성에 미치는 효과

L. monocytogenes Scott A의 영양결핍세포와 정상세포를 citrate-phosphate buffer(pH=7, 5, 4)에 각각 nisin 농도 0, 100, 200 IU/ml로 조정하여 65°C 와 72°C 에서 열저항성을 비교한 결과 pH 7(Table 1)에서 대조구의 log reduction은 65°C 에서 1분 처리의 경우 정상세포가 1.65, 영양결핍세포가 0.86을 나타내었으며 nisin 첨가에 의해 열저항성은 공히 감소하는 경

Table 1. Effect of Nisin on heat resistance of *Listeria monocytogenes* Scott A in citrate-phosphate buffer(pH 7).

Cell type	Heating temp.(°C) and time (min)	Concentration of Nisin(IU/ml)		
		0	100	200
A	Initial	7.17 ± 0.12*		
	65			
	1	5.52 ± 0.15 (1.65)**	3.74 ± 0.23 (3.43)	3.37 ± 0.26 (3.80)
	3	1.69 ± 0.35 (5.48)	1.12 ± 0.28 (6.05)	<10
	72			
	0.5	5.27 ± 0.34 (1.89)	2.47 ± 0.28 (4.70)	1.92 ± 0.09 (5.25)
B	Initial	6.45 ± 0.17		
	65			
	1	5.73 ± 0.19 (0.72)	4.35 ± 0.13 (2.10)	4.05 ± 0.12 (2.40)
	3	4.34 ± 0.11 (2.11)	2.11 ± 0.19 (4.34)	<10
	72			
	0.5	5.36 ± 0.12 (1.09)	2.22 ± 0.26 (4.23)	1.41 ± 0.15 (5.04)
1	3.44 ± 0.24 (3.01)	<10	ND	

*Log No. cfu/ml ± standard deviation, N=4

**Log reduction

A: Vegetative cell, B: Starved cell, ND: None detected

향을 나타내었다. 정상세포의 경우 72°C 에서 1분간 열처리한 경우 대조구의 log reduction은 4.47인 반면 100 IU/ml의 nisin 처리구는 m/당 10 이하의 생존수를 나타내었고, 200 IU/ml의 nisin 처리구의 경우 생존수는 검출되지 않았다. 영양결핍세포의 경우 정상세포에 비해 열저항성은 강한 경향을 나타내었으나 nisin첨가 효과는 유사한 경향을 나타내었다.

pH 5(Table 2)에서 정상세포의 경우 대조구에서는 72°C 에서 1분간 열처리후 log reduction은 4.09이었으나, 100 IU/ml nisin 처리구는 72°C 에서 1분간 200 IU/ml nisin 처리구는 65°C 에서 1분, 72°C 에서 30초와 1분간 열처리 후 생존수는 검출되지 않았다. 영양결핍세포의 경우 200 IU/ml nisin 처리구만 72°C 에서 1분간 열처리후 *L. monocytogenes*의 생존을

Table 2. Effect of Nisin on heat resistance of *Listeria monocytogenes* Scott A in citrate-phosphate buffer(pH 5).

Cell type	Heating temp.(°C) and time (min)	Concentration of Nisin(IU/ml)		
		0	100	200
A	Initial	7.07 ± 0.23*		
	65			
	0.5	6.12 ± 0.22 (1.65)**	3.78 ± 0.23 (3.43)	<10
	1	4.86 ± 0.21 (2.21)	1.21 ± 0.32 (5.86)	ND
	72			
	0.5	4.71 ± 0.19 (2.36)	2.19 ± 0.26 (4.88)	ND
B	Initial	6.50 ± 0.11		
	65			
	1	5.64 ± 0.14 (0.86)	4.22 ± 0.25 (2.28)	2.90 ± 0.20 (3.60)
	3	3.54 ± 0.16 (2.96)	1.80 ± 0.22 (4.70)	<10
	72			
	0.5	4.65 ± 0.38 (1.86)	2.42 ± 0.17 (4.09)	1.03 ± 0.17 (5.48)
1	2.96 ± 0.29 (3.54)	<10	ND	

*Log No. cfu/ml ± standard deviation, N=4

**Log reduction

A: Vegetative cell, B: Starved cell, ND: None detected

관찰할 수 없었다.

pH 4(Table 3)에서 *L. monocytogenes*의 열저항성은 65°C 에서 30초와 1분간 처리하였을 때 log reduction은 각각 정상세포의 경우 각각 1.21, 2.69인데 비해 영양결핍 세포는 1.03과 2.34이었다. 정상세포가 100 IU/ml nisin 처리구의 경우 72°C 에서 1분, 200 IU/ml nisin 처리구의 경우 65°C 에서 1분, 72°C 에서 30초와 1분간 열처리후 검출되지 않았으며, 영양결핍 세포는 100, 200 IU/ml nisin 처리구에서 72°C 1분간 열처리후 검출되지 않았다.

65°C 에서 1분간 열처리후 nisin과 pH가 *L. monocytogenes*의 정상세포와 영양결핍세포의 열저항성에 미치는 영향은 Fig. 3, 4에서 보는 바와 같다. 정상세포의 경우(Fig. 3) pH 7에서 100 IU/ml nisin 처리에 의해

Table 3. Effect of Nisin on heat resistance of *Listeria monocytogenes* Scott A in citrate-phosphate buffer(pH 4).

Cell type	Heating temp.(°C) and time (min)	Concentration of Nisin(IU/ml)		
		0	100	200
A	Initial	6.79 ± 0.12*		
	65			
	0.5	5.58 ± 0.17 (1.21)**	2.03 ± 0.48 (4.77)	<10
	1	4.11 ± 0.22 (2.69)	<10	ND
	72			
	0.5	4.12 ± 0.19 (2.68)	<10	ND
B	Initial	6.45 ± 0.24		
	65			
	0.5	5.42 ± 0.32 (1.03)	3.15 ± 0.37 (3.30)	<10
	1	4.11 ± 0.23 (2.34)	1.70 ± 0.29 (4.75)	<10
	72			
	0.5	4.50 ± 0.14 (1.95)	1.97 ± 0.30 (4.48)	<10
	1	<10 (5.29)	ND	ND

*Log No. cfu/ml ± standard deviation, N = 4

**Log reduction

A: Vegetative cell, B: Starved cell, ND: None detected

열저항성은 감소되는 경향을 나타내었으며 pH가 낮아짐에 따라 nisin 처리에 의한 열저항성의 감소현상은 더욱 뚜렷한 경향을 나타내었다. pH 4인 경우 최초 생균수 6.79 cfu/ml에서 nisin 무처리구 4.11 cfu/ml, nisin 처리구는 <1 cfu/ml를 나타내었다.

영양결핍세포의 경우(Fig. 4)에서도 정상세포에 비해 열저항성이 강한 경향을 나타내었으나, pH가 낮을수록 열저항성에 미치는 nisin의 효과는 증가하였다.

L. monocytogenes Scott A의 열저항성은 기질의 pH에 따라 다소 감소하는 경향을 나타내었으며, nisin 처리에 의해 열저항성은 감소하였고, nisin 처리효과는 pH가 낮을수록 더욱 뚜렷하였다. 세포의 영양상태에 따른 열저항성은 영양결핍세포가 정상세포에 비해 강한 경향을 나타내었으며 pH와 Nisin의 처리효과는

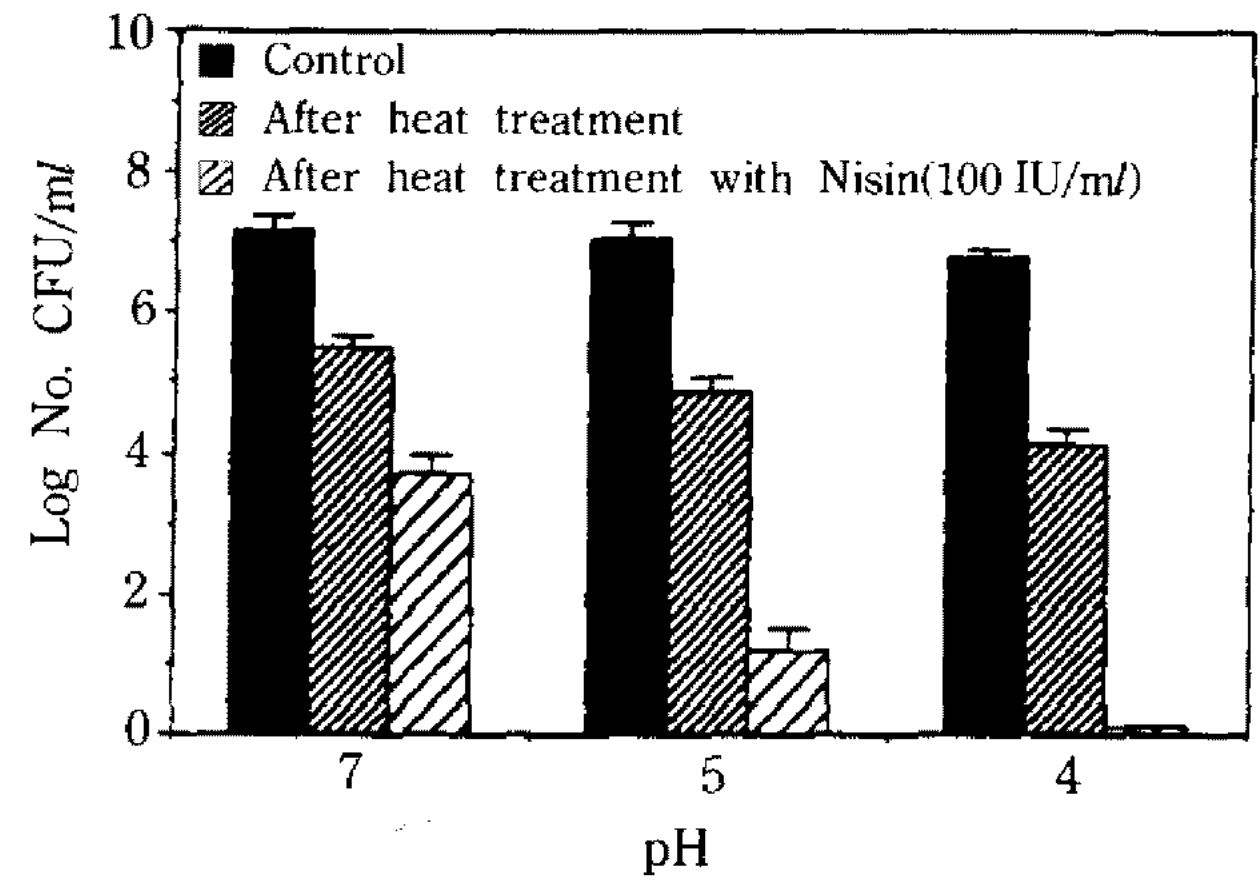


Fig. 3. Effect of nisin and pH on heat resistance of vegetative *Listeria monocytogenes* Scott A at 65°C.

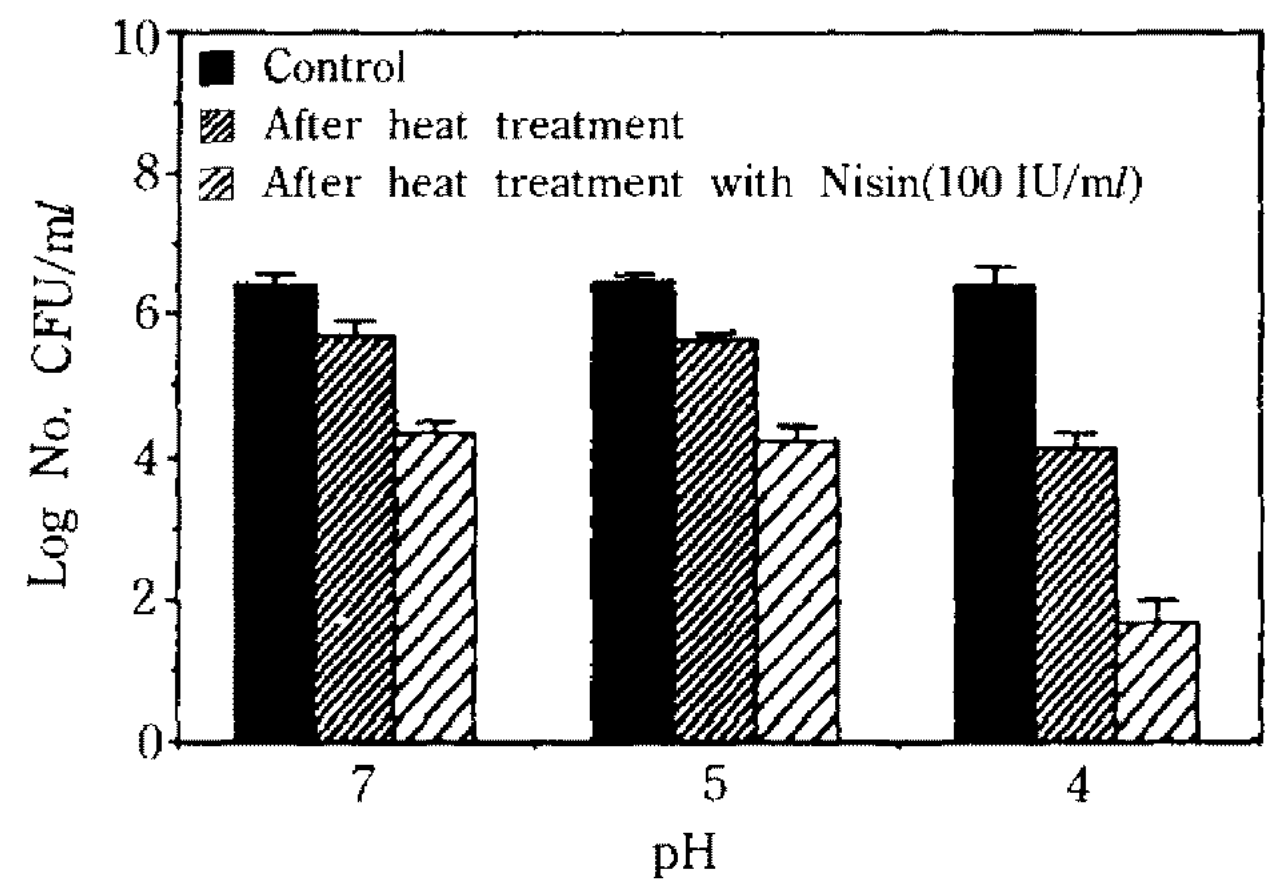


Fig. 4. Effect of nisin and pH on heat resistance of starved *Listeria monocytogenes* Scott A at 65°C.

각각 유사한 경향을 나타내었다. 미생물의 열저항성은 미생물이 존재하는 식품의 조성파 오염된 미생물의 양이 영향을 미치므로 완전히 사멸시킬 수 있는 열처리 방법을 확립하기란 매우 어렵지만 10⁶ cfu/ml 정도 오염된 식품의 경우 70°C에서 약 2분간 열처리로 *L. monocytogenes*에 대한 안전성은 어느정도 확보할 수 있다는 보고(7, 21)와 본 실험 결과는 유사하였다. 영양결핍 세포가 열저항성이 강한 결과는 영양결핍 상태의 세포는 포자와는 구별되지만 모든 대사 기능이 정상 세포에 비해 현저히 감소되어 휴면상태의 세포로 변하고 세포질의 밀도가 현저히 감소(22, 23)한다는 사실에 기인한 것으로 판단되었다.

Nisin은 vegetative cell의 세포막에 작용하여 중요한 세포 구성물질인 adenosine triphosphate를 유출하여 세포를 파괴하거나 lysis를 일으켜 세포를 사멸시키거나(24) 세포막의 인지질 구성분과 작용하여 정상적인 성장을 억제(10)한 결과 *Listeria monocytogenes*의 열저항성을 감소시킨 것으로 사료되었다. 또한

Table 4. Effect of nisin and temperature on heat resistance of surface-adherent *Listeria monocytogenes* Scott A

Temp. (°C)	Conc. of nisin (IU/ml)	Heating time(min)			
		0	0.5	1	3
65	0	4.59±0.17*	3.78±0.10 (0.84)**	2.59±0.17 (1.99)	1.15±0.03 (3.44)
	100		1.84±0.26 (2.74)	0.93±0.16 (3.66)	<10
	200		0.63±0.22 (3.66)	<10	<10
72	0	4.59±0.17	2.09±0.31 (2.50)	1.28±0.27 (3.31)	0.60±0.18 (3.99)
	100		0.95±0.11 (3.64)	0.60±0.19 (3.98)	ND
	200		<10	ND	ND

*Log No. cfu/square cm of slide± standard deviation, N=4

**Log reduction

ND: None detected

Table 5. Effect of nisin and temperature on heat resistance of surface-adherent *Listeria monocytogenes* Scott A

Temp. (°C)	Conc. of nisin (IU/ml)	Heating time(min)			
		0	0.5	1	3
65	0	4.07±0.07*	2.29±0.23 (2.41)**	1.14±0.16 (3.56)	0.41±0.15 (4.30)
	100		0.21±0.19 (4.50)	<10	ND
	200		<10	ND	ND
72	0	4.70±0.07	1.11±0.24 (3.59)	0.26±0.25 (4.44)	<10
	100		<10	ND	ND
	200		ND	ND	ND

*Log No. cfu/square cm of slide± standard deviation, N=4

**Log reduction

ND: None detected

nisin의 효과는 pH에 따라 다르고 pH가 낮을 경우 더욱 효과적이며(19, 25) pH 7.3에서보다 pH 5.5에서 더욱 증진되고 pH가 낮을수록 nisin 분자의 안정성은 증가한다(19). 또한 nisin은 pH 6 이하의 식품과 단백질과 지방의 함량이 낮은 식품에서 더욱 효과적이므로(3) 본 실험에서 *L. monocytogenes*의 열저항성에 대한 nisin의 효과는 pH 7에서 보다 pH 5와 pH 4에서 더욱 증진되었다고 판단되었으며, *L. monocytogenes*가 오염된 경우 열처리하는 식품의 pH와 nisin의 농도를 상호 고려하여 실시하면 더욱 효과적일 것으로 사료되었다.

Adherent microcolony의 열저항성에 미치는 pH와 Nisin의 영향

Stainless steel slide에 *L. monocytogenes* Scott A의 adherent microcolony를 형성하여 citrate-phosphate buffer pH 7과 pH 5에서 nisin 농도에 따른 열저항성을 검토한 결과 열처리 기질의 pH 7(Table 4)일 때 대조구에서는 65°C, 1분, 3분 열처리후 log reduction은 각각 1.99와 3.44 감소하였다. 72°C에서는 3.31과 3.99 감소하는 경향을 나타내어 65°C에서는 열처리 시간에 따라 열저항성은 감소하는 경향을 보였으나, 72°C에서는 열처리 시간이 경과함에 따라 뚜렷한 차

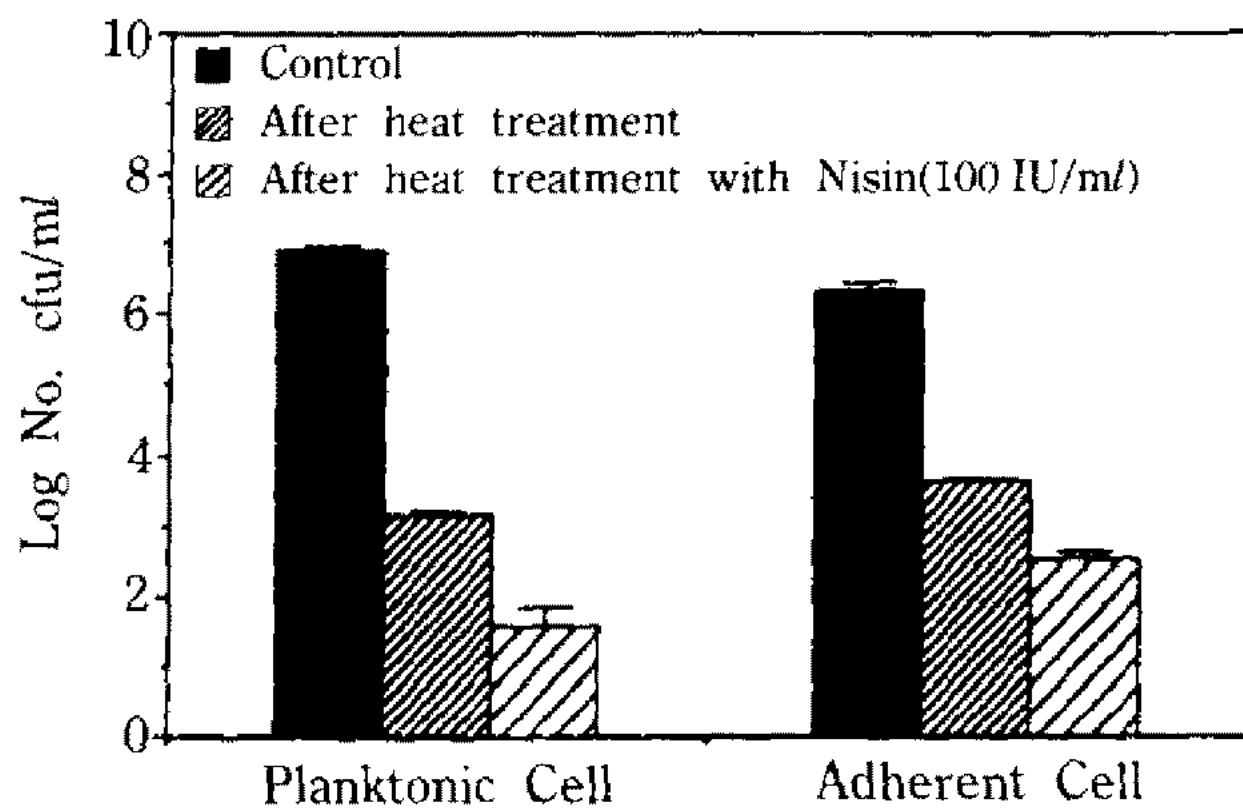


Fig. 5. Effect of nisin on heat resistance of planktonic and adherent cell of *Listeria monocytogenes* Scott A at 65°C.

이를 나타나지 않았다. 열처리 기질의 pH 5(Table 5) 일 때 65°C, 1분, 3분 열처리후 각각 3.56, 4.30 감소하였고 72°C에서 3분간 열처리 한 경우 대부분이 사멸하는 경향을 보였으며, nisin 200 IU/ml을 함유한 기질에서 65°C, 1분 이상 72°C, 30초 이상 열처리한 구와 100 IU/ml을 함유한 기질에서는 65°C, 3분 이상 72°C, 1분 이상 열처리한 구에서는 *L. monocytogenes*는 전혀 검출되지 않았다.

L. monocytogenes Scott A의 adherent cell과 planktonic cell(표면에 부착되지 않은 세포)의 열저항성을 비교한 결과는 Fig. 5에서 보는 바와 같다. 65°C에서 1분간 열처리후 planktonic cell은 최초 6.89 cfu/ml에서 대조구는 3.12 cfu/ml, nisin 첨가구의 경우 1.59 cfu/ml로 감소하였으며 adherent cell은 최초 6.32 cfu/ml에서 대조구 3.60 cfu/ml, nisin 처리구 2.53 cfu/ml로 감소하여 adherent cell이 planktonic cell보다 열저항성이 강하며 nisin에 대한 내성도 강한 경향을 나타내었다. 이러한 결과는 Gram 양성균은 lipoteichoic acid를 생성하여 살균제제의 침투를 막으며 특히 *L. monocytogenes*는 adherent microcolony 형성시 lipoteichoic acid의 축적(26)에 기인된 것으로 판단되었다. 본 실험 결과 식품에 *L. monocytogenes*의 오염은 식품 가공기계의 세척시 산성 세척제와 nisin의 복합사용으로 방지할 수 있을 것으로 판단되었다.

요 약

Listeria monocytogenes Scott A의 열저항성에 미치는 pH와 nisin의 효과를 검토하기 위하여 *L. mono-*

cytogenes Scott A의 vegetative cell, starved cell 그리고 adherent microcolony를 pH(pH 7, 5, 4)와 nisin농도(100, 200 IU/ml)를 달리하여 65°C와 72°C에서 열처리한 결과 정상세포와 영양결핍세포의 열저항성은 pH가 낮아짐에 따라 감소하였고 nisin 처리에 의해 열저항성은 뚜렷이 감소하였으며 nisin의 효과는 pH 7에서보다 pH가 낮아짐에 따라 더욱 증가하였다. 영양결핍 세포의 열저항성이 정상세포에 비해 높았으며 adherent microcolony는 planktonic cell에 비해 열저항성과 nisin에 대한 내성이 강하였다.

감사의 말

본 연구는 1991년도 교육부 지원 한국한술진흥재단의 지방대학육성과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

참고문헌

1. Faber, J.M., G.W. Sanders and M.A. Johnston. 1989. A survey of various foods for the presence of *Listeria* species. *J. Food Prot.* **52**: 456-458.
2. Karaioannoglou, P.G. and G.C. Xenos. 1980. Survival of *Listeria monocytogenes* in meatballs. *Hell. Vet. Med.* **23**: 111-117.
3. Cox, L.J., T. Kleiss, J.L. Cordier, C. Cordellana, P. Konkel, C. Pedrazzin, R. Beumer and A. Siebenga. 1989. *Listeria* spp. in food processing non-food and domestic environments. *Food Microbiol.* **6**: 49-61.
4. Nelson, J.H. 1990. Where are *Listeria* likely to be found in dairy plant? *Dairy Food Environ. Sanitat.* **10**: 344-345.
5. Frank, J.F. and R.A. Koffi. 1990. Surface-adherent growth of *Listeria monocytogenes* in associated with increased resistance to surfactant sanitizers and heat. *J. Food Prot.* **53**: 550-554.
6. Lee, S.H. and J.F. Frank. 1991. Inactivation of surface-adherent *Listeria monocytogenes* by hypochlorite and heat. *J. Food Prot.* **54**: 1-4.
7. Lee, S.H. and S.J. Son. 1993. Heat resistance of vegetative and starved *Listeria monocytogenes* Scott A. *Korean J. Appl. Microbiol. Biotech.* **21**(2): 176-180.
8. Jay, I.M. 1986. *Modern Food Microbiology*, 3rd ed. Van Nostrand Reinhold Co. New York. pp. 331-345.
9. Hirsh, A., E. Grinsted, H.R. Chapman and A.T.R. Mattick. 1951. A note on the inhibition of an

- anaerobic sporeformer in Swiss-type cheese by a nisin producing *Streptococcus*. *J. Dairy Res.* **18**: 205-212.
10. Henning, S., R. Metz and W.P. Hammes. 1986. Studies on the mode of action of nisin. *International J. Food Microbiol.* **3**: 121-134.
 11. Rayman, M.K., B. Aris and A. Hurst. 1981. Nisin: a possible alternative or adjunct to nitrite in the preservation of meats. *Appl. Environ. Microbiol.* **41**: 375-379.
 12. Ogden, K. 1986. Nisin: a bacteriocin with a potential use in brewing. *J. Inst. Brew.* **92**: 379-382.
 13. Daeschel, M.A., D.S. Jung and B.T. Watson. 1991. Controlling wine malolactic fermentation with nisin resistant *Leuconostoc oenos*. *Appl. Environ. Microbiol.* **57**: 601-605.
 14. Campbell, L.L., E.E. Sniff and R.T. O'Brian. 1959. Subtilin and nisin as additives that lower the heat process requirements in canned foods. *Food Technol.* **13**: 462-469.
 15. Benkerroum, N. and W.E. Sandine. 1988. Inhibitory action of nisin against *Listeria monocytogenes*. *J. Dairy Sci.* **71**: 3237-3245.
 16. Jung, D.S., F.W. Bodyfelt and M.A. Daeschel. 1992. Influence of fat and emulsifiers on the efficacy of nisin in inhibiting *Listeria monocytogenes* in fluid milk. *J. Dairy Sci.* **75**: 387-389.
 17. Lee, S.H. and J.F. Frank. 1992. Competitive growth and attachment of *Listeria monocytogenes* and *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* ATCC 11454. *J. Microbiol. Biotech.* **2**: 73-77.
 18. Hurst, A. 1981. Nisin. *Adv. Appl. Microbiol.* **27**: 85-123.
 19. Mohamed, G.E.E., A. Seaman and M. Woodbine. 1984. Food antibiotic nisin: Comparative effects on *Erysipelothrix* and *Listeria*. Pp. 435-442. In M. Woodbine (ed.), *Antimicrobials and Agriculture*. Butterworths, London.
 20. Somers, E.B. and S.L. Taylor. 1987. Antibotulinal effectiveness of nisin in pasteurized processed cheese spreads. *J. Food Prot.* **50**: 842-845.
 21. Garayzabal, J.F.F. 1987. Survival of *Listeria monocytogenes* in raw milk treated in pilot plant size pasteurizer. *J. Appl. Bacteriol.* **63**: 533-537.
 22. Gaze, J.E., G.D. Brown, D.E. Gaskell and J.G. Banks. 1989. Heat resistance of *Listeria monocytogenes* in homogenates of chicken, beef steak and carrot. *Food Microbiol.* **6**: 251-259.
 23. Golden, D.A., Beuchat, L.R. and Brackett, R.E. 1988. Inactivation and injury of *Listeria monocytogenes* as affected by heating and freezing. *Food Microbiol.* **5**: 17-23.
 24. Ramsier, H.R. 1960. The mode of action of nisin on *Clostridium butyricum*. *Archiv für Microbiologie.* **37**: 57-61.
 25. Doyle, M.P. 1987. Survival of characteristics of *Listeria monocytogenes* curing processing. p.198. In Abstr. Inst. Food Technol. Mtg. June 16-19.
 26. Hammond, S.M., P.A. Lambert and A.N. Rycroft. 1981. Walls of gram-positive bacteria. Pp. 29-56. In *The Bacterial Cell Surface*. Kapitan Szabo Publ., Washington, D.C.

(Received March 22, 1993)