

새로운 식품유래의 병원균들

윤 성 식

연세대학교 문리대학 생물자원공학과

연사 약력

연세대학교 식품공학과 졸업

연세대학교 대학원 미생물공학 전공(공학박사)

연세대학교, 전주대학교 강사

부천전문대학 교수 역임

현재 연세대학교 문리대학 생물자원공학과 부교수

한국낙농학회 이사

한국 산업미생물학회 평의원

한국축산식품학회 편집간사, 재무간사

새로운 식품 유래의 병원균들

- *Yersinia enterocolitica*와 *Campylobacter jejuni/coli*를 중심으로 -

윤 성 식

연세대학교 문리대학 생물자원공학과 교수

I. *Yersinia enterocolitica*

1. 분류 및 성질
2. 병원성(pathogenecity)
3. 검출법(Detection method)
4. 우유 및 유제품중의 출현 빈도

II. *Campylobacter jejuni/coli*

1. 생육 조건(Growth chracteristics) 및 서식처(Ecology)
2. 역학(Epidemiology)
3. 내열성 균주의 검출 방법
4. 병원성(pathogenesis)
5. 육계 가공중 오염 대책(Control strategies)

References

최근 국내의 식품 소비 패턴을 보면 국민소득 증가와 식생활의 서구화 영향으로 단백질 소비가 매년 지속적으로 증가하고 있다. 특히 육류, 가금류 및 유제품과 같은 동물성 단백질 식품의 소비가 꾸준히 늘어하고 있으며, 농축산물의 수입 개방화에 따른 외국산 축산물의 국내 유입도 크

게 증가하고 있다. 따라서 국내에 유통되고 있는 축산물 및 그 가공품에 대한 미생물학적 안전성이 사회 전반적으로 크게 주목되고 있는 실정이다. 그동안 분리가 매우 어려웠던 *Listeria monocytogenes*를 비롯한 몇가지 식중독 세균들의 선택적 분리 및 배양 기술이 개발되면서 미국을 비롯한 선진국에서는 지난 1980년대부터 식품을 매개로 하여 질병을 유발할 수 있는 새로운 전염병에 대한 연구와 이에 대한 대책에 마련에 만전을 기하고 있다. 본고에서는 식품 유래의 전염병 세균중에서 최근 심각하게 대두되고 있는 *Yersinia enterocolitica*와 *Campylobacter jejuni/coli*의 미생물학적 특징, 검출법, 병원성 및 감염증 등을 중심으로 소개하고자 한다.

I. *Yersinia enterocolitica*

*Yersinia enterocolitica*는 1939년 최초로 사람으로부터 분리되었으며 이 세균에 대한 체계적인 분류와 연구를 수행한 학자는 노르웨이의 Frederiksen이다. 그는 유럽 및 미국에서 사람, 돼지, 친칠라 등으로 부터 동일한 형태의 미생물을 분리하였다. 처음에는 이 균주들이 *Pasteurella* 속과 유사하다는 이유로 *Pasteurella pseudotuberculosis*로 분류되었으며, 장염을 유발하는 세균에 속한다고 하여 *Bacterium enterocoliticum* 등으로 명명되기도 하였다. 그러나 분리균들이 *Pasteurella* 속과는 상당히 다르다는 사실을 확인한 그는 이 세균을 새로운 속(Genus)으로 분류할 것을 주장하였다. 그는 페스트균을 발견한 프랑스 학자 Yersin의 이름을 따서 *Yersinia enterocolitica*로 명명하였다. 현재 이 속에는 *Y. enterocolitica*, *Y. pseudotuberculosis*, *Y. pestis* 등 총 6개의 균주가 임상적으로 중요하다(Schiemann, 1987). 유럽 및 Scandinavia 지방에서 분리한 미생물을 대상으로 연구가 수행되었으나 그후 계속해서 세계 도처에서 이 미생물의 존재가 보고되었다.

이 세균에 감염되면 위장염(gastroenteritis), 임파선염(lymphadenitis), 말

단회장염(terminal ileitis)과 같은 장질환이 주된 증세로 생각되었으나, 피부, 눈, 근육, 인두 등의 염증 및 결절성 홍반(erythema nodosum), 화농, 심내막염(endocarditis), 인두염, 관절염 등과 관련이 있다는 연구가 보고된 후 더욱 주목받기 시작하였다. 1970년대 중반 이후부터는 유럽을 비롯한 여러나라에서 *Y. enterocolitica*에 의한 급성 위장염의 발병 사례가 빈번하게 보고되고 있어 이병의 전염원을 찾기위한 연구들이 야생동물들을 대상으로 광범위하게 수행되었다. 돼지, 소, 사슴, 쥐, 개 및 야생동물이 보균동물로 밝혀졌으며, 그외에도 식품(Swaminathan, 1982; Tacket 등, 1984)과 음료수(Lassen, 1972), 두부(Aulicio 등, 1983), 하천수(Marinelli 등, 1985) 중에서도 이 세균이 분리되었다. 이 균은 설사를 일으키는 다른 장내세균과 비교할 경우 분리율이 매우 낮기때문에 최근까지 중요시되지 못하였으나 냉장온도에서 증식할 수 있는 호냉성 미생물(Stern 등, 1980)이라는 점 때문에 cold chain system이 일반화되고 있는 현 유통과정에서 상당한 관심이 모아지고 있다.

Yersiniosis 라 불리는 총칭되는 감염증은 임상적으로 여러가지 증세를 수반한다. 열과 설사를 동반한 우측 하복부의 심한 통증이 주요증세로 급성위장염 및 급성맹장염과 대단히 유사하다. 따라서 yersiniosis의 최종적 진단은 증세의 차이로서는 곤란하므로 결국 병원균의 분리, 동정에 의존할 수 밖에 없다.

1. 분류 및 성질

*Y. enterocolitica*는 통성 혐기성 그람 음성 간균으로서 장내세균과에 속한다. 사람과 동물에게 급성 위장 질환(복통, 발열, 설사, 두통, 구토 등), 패혈증 및 2차 면역질환(결정성 홍반, 다발성 관절염)을 일으키는 미생물이다. *Yersinia* 속 중에서 식품을 통하여 감염되는 *Y. enterocolitica*는 생화학적 특징에 따라 7 biotype(Wauters, 1970; Brenner, 1984)가 보고된 바 있으며(Fig 1), 또한 세포벽에 존재하는 내열성 다당항원체의 특이성에 따라 약 50개의 혈청군(serotype)으로 분류된다(Windbald, 1979; Bercovier 등, 1979). 또 동일한 혈청군 중에도 biotype과 phage-type로 세분된다. *Y.*

*enterocolitica*의 혈청군/생물형/화지형은 숙주특이성을 보여준다. O:1/3/II 형은 친칠라에서, O:21/5/XI 형은 야토에서, O:3/4/VII, O:8, O:9/2/X 형은 사람,소 및 돼지에게 병원성이 있다.

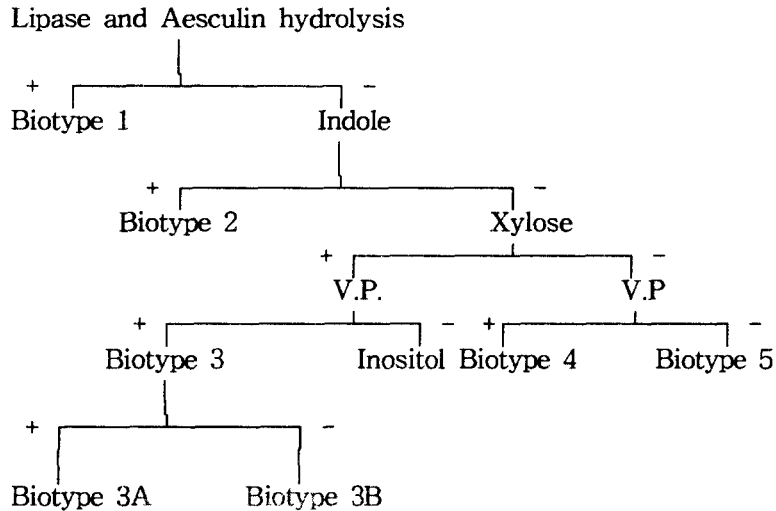


Fig 1. Dichotomous differentiation of biotypes or biovars of *Y. enterocolitica*.

한편 가열 조건에 따른 미생물의 불활성화 정도를 보면, 열에 대한 감수성이 높았으며 저온살균 온도에서 쉽게 사멸되는 것으로 나타났다. Lovett *et al.*(1982)의 실험에 의하면 Table I-1과 같이 AUS 3, AUS 31주는 51.7°C에서 측정된 D-value가 25분 내외였고, 57.2°C에서 측정된 값이 5-6분 정도였다. 그러나 3개의 공시균주 모두 pastuerization 온도에서의 D-value는 1분 미만이었다. 따라서 이 세균은 통상적인 가열 살균 조건하에서 쉽게 사멸시킬 수 있다고 판단된다.

Table I -1. Thermal resistance results for three *Y. enterocolitica* strains.

Strain	Temp(°C)	D- value(min)	Z- value(°C)	Cor. coefficient(r)
Aus 3	51.7	23.6	5.78	-0.975
		23.4		
	57.2	6.5		
		5.8		
		0.31		
62.8	0.26			
Aus 31	51.7	25.6	5.22	-0.988
		29.9		
	57.2	4.6		
		4.6		
		0.24		
62.8	0.18			
C1017	57.2	14.7	5.11	-0.999
		12.1		
	62.8	0.96		
		0.87		
		0.09		
68.3	0.09			

From J. Lovett *et al.* (1982)

2. 병원성 (pathogenicity)

Y. enterocolitica 분리균에 대하여 병원성 및 비병원성을 구분하는 것이 무엇보다도 중요하다. 병원성균은 비병원성균과는 다른 형태학적, 생화학적 특징이 있다는 보고가 있으나 아직 확실하지 않다. 최근 병원성을 결정하는 인자가 염색체뿐만 아니라 plasmid 상에 존재한다는 사실을 기

초로 하여 병원성 유무를 판단하려는 연구들이 활발히 수행되고 있다. 병원균의 조직 침투성 invasiveness을 측정하는 수단으로는 guinea pig eye infection; mouse fatality; mouse에 대한 diarrhea 유발성 등이 있다. 병원성 *Y. enterocolitica*는 독성(virulence)이 강한 것과 약한 것, 2종류가 있으며, 약한 균주도 철(Fe)과 함께 주사할 경우 mouse를 치사 시킬 수 있다. 병원성 균주가 가진 특성은 다음 몇 가지 인자가 있다.

1)균주의 혈청군(serogroup): 유럽에서는 serogroup O:3와 O:9형이 우세하고 Canada에서는 O:3형이,미국에서는 O:8, O:5,27형이 각각 병원성을 가지는 것으로 나타나고 있다. 그러나 1978-1989년 사이 위장염 환자에서 분리한 균주의 40% 이상이 기존에 비병원성으로 분류되었던 균주로 나타났다. 따라서 병원성이 전적으로 생물형 및 혈청형에 의해 결정되지 않는 것으로 보인다.

2)내열성 장독소 생산능: 병원성균주가 생산하는 장독소(enterotoxin)는 *yst* gene 산물로서 25℃ 이하에서 생산되는 물질이다. 하지만 병원성 균주가 모두 장독소를 생산하는 것은 아니다. 이 세균이 생산하는 장독소는 enterotoxigenic *E. coli*가 생산하는 enterotoxin과 유사한 것으로 나타났다(Table I -2 참조).

Table 1-2. Prevalence of *yst* in *Yersinia*: hybridization with a *yst* probe.

Species	O serotype	No of tested strains	No of <i>yst</i> ⁺ strains
Pathogenic			
<i>Y. enterocolitica</i>	1	1	1
	1,2a,3	1	1
	2a,2b,3	1	1
	3	35	35
	5,27	8	8
	9	28	28
	4	2	2
	8	4	4
	13a,13b	3	3
	18	1	1
	20	2	2
	21	3	3
Nonpathogenic			
<i>Y. enterocolitica</i>	5	14	0
	6,30	5	0
	7,8	10	0
	10	1	0
	13,7	3	0
	14	4	0
	16a,58	4	0
	22	1	0
	47	3	0
<i>Y. pseudotuberculosis</i>	1B	1	0
<i>Y. frederiksenii</i>	5-16a,58-48	7	0
<i>Y. kristenseii</i>	11	2	2
	12	2	2
	16	1	0
<i>Y. intermedia</i>	40-48,52-53	5	0
<i>Y. aldovae</i>	21-NT-52	3	0

From I. Delor *et al.*(1990)

3)병원성과 관련된 plasmid 유무: Perry and Brubaker(1983)는 Vwa plasmid의 존재를 확인하였고, Potnoy 등(1985)은 *Yersinia* spp.에 존재하는 plasmid를 pYV로 명명하였다. 분리된 병원성 균주들은 혈청형에 관계없이 40-48 Md plasmid(Potnoy 등,1981)를 가지고 있으며, 비병원성 균주보다 agar 배지상의 집락의 크기가 약간 작고, 37℃에서 계대하는 동안 plasmid를 쉽게 상실한다. Vesikari 등(1981)도 serotype O:8, O:9, O:3에서 42- 47 Mdal의 plasmid를 확인하였다(Table I-3).

Table I-3. Presence of plasmid DNA in various clinical isolates of *Y. enterocolitica* in relation to biotype and serotype.

Biotype	Serotype	Plasmid DNA present in:	Approx. size of plasmid
1	0:5,-6,-7/13,-10	2/ 12	<35 Mdal, >70 Mdal
2	0:8	2/ 3	42 Mdal
3	0:9	17/ 19	44 Mdal
4	0:3	16/ 34	47 Mdal

From T. Vesikari *et al.*(1981).

Portnoy 등(1984) 및 Boelin 등(1985)은 37℃에서 배양할 때 세포외막 단백질의 합성은 plasmid의 지배를 받는다고 보고하였으며 이 단백질을 yop protein으로 명명하였다. 이러한 외막단백질들은 26℃에서 배양하면 합성되지 않으므로 온도의존성이 있음을 확인하였다. Bolin 등(1982)은 60-75 Kb plasmid와 virulence의 관련성을 주장하였다. 이들 plasmid는 V(Mr 38,000) 및 W antigen(Mr 145,000) 합성과 관련되며 2.5mM Ca²⁺ 존재 시에는 합성이 억제된다고 보고하였다. Gemski 등(1980)도 pathogenic plasmid와 Ca 의존성의 관련성을 연구하였다. Martinez(1983)도 virulence plasmid와 outer membrane protein(*omp*)과의 관계를 보고한 바 있다.

4)생물학적 특성: 병원성 균주는 35℃에서 4일 이내에 salicin을 발효할 수 없으며(salicin -negative), 25℃에서 esculin을 가수분해할 수 없는 것

으로 보고되었다(esculin - negative). 또 Ca-dependent 생육을 나타낸다. 그 외에도 자가응집성(autoagglutination: Laird and Cabanaugh, 1980), Congo red 흡착성(Riley and Toma,1989; Kapperud 등,1990) 등이 있다 (Table I-4).

Table I-4. Virulence markers in *Yersinia enterocolitica*.

Tests	Virulence markers
Animal models	Guinea pig conjunctivitis(Sereny test) ¹ Mouse conjunctivitis ¹ Mouse lethality ¹ Gerbil lethality ¹ Soukling mouse lethality ¹ Mouse intestinal colonization,fecal
excretion ¹	Rabbit diarrhea ¹ Intestinal fluid accumulation with culture -
filtrate	in suckling mouse
Tissue culture	Adherence Invasion Cytotoxicity, 37C against HEp-2, HeLa
cells	
Antigens	Serotype 0:3; 0:9; 0:5,27; 0:8; 0:1; 0:1,2,3 Outer membrane proteins(omp), 37C
Biochemical	Ca dependence,37 °C Autoagglutination,37 °C Congo red uptake,37 °C Salicin-negative,37 °C Esculin-negative,37 °C

¹These properties are plasmid-mediated(42~48 Mdal).
 From D.A. Schiemann(1987).

이상에 기술한 바와 같이 병원성 여부를 판단하는 지표로서 이용 가능한 성질 중에서 가장 용이하게 적용할 수 있는 것은 virulence plasmid의 존재를 확인하는 것이 가장 유력한 방법이라 할수 있다.

3. 검출법(Detection method)

*Y. enterocolitica*는 생육 속도가 매우 느리기 때문에 속도가 매우 빠른 미생물과 공존할 경우에는 저온에서 일정 기간동안 증균배양 (cold-enrichment)하는 것이 중요하다. *Yersinia enterocolitica*에 대한 초기 연구에서는 PBS(phosphate-buffered saline)에 sorbitol 1%, bile salt 0.15%를 첨가한 cold enrichment법이 이용되었다(Pai et al.,1979). Vidon과 Delmas(1981)는 원유에 peptone, NaCl, cycloheximide를 보충하여 양호한 결과를 얻은 바 있다. Wauters(1973)는 Modified Rapport broth를 이용하여 22C-25℃에서 2-5일간 배양하였다. 이 배지는 serotype O:3배양에 적당하다고 한다. Schiemann(1982)은 pre-enrichment용으로 yeast extract-rose bengal broth를 selective enrichment용으로 bile-oxalate-sorbose broth를 사용하였으며, Inoue와 Kurose(1975)는 selenite 배지를 enrichment용으로 사용한 바 있다.

한편 직접 분리를 위해 Schiemann(1979)이 개발한 CIN(Cefsulodin-Irgasan-Novobiocin) 배지는 *Y. enterocolitica*의 선택 배지로 가장 널리 이용된다. 이 방법은 32℃에서 보통 18-20 시간이 소요된다. 배지 표면에 나타난 집락은 암적색을 띄고 직경이 0.5-1.0 mm, 가장 자리가 투명하다. 이 배지에 streptomycin을 첨가하면 선택성이 향상되지만 집락의 크기는 약간 작아진다. Fukushima와 Gomyoda(1986)는 CIN 배지가 biotype 3B, serotype O:3 분리에는 적합하지 못하다고 주장하였다. 최근 Fukushima는 육류로부터 직접 분리하는 방법을 개발하였는데, 우선 돼지 고기 시료를, 끓은 KOH 용액을 전처리한 다음 CIN 및 McConkey 배지에 평판 배양하는 방법이다. CIN 배지에서 의심스러운 집락은 Klingler iron agar 또는 Christensen's urea agar상에서 35℃로 배양한다. Marinelli 등은 지표수중에 함유된 *Y. enterocolitica*를 peptone-sorbitol-bile salt

broth 중에서 단시간 배양한 다음 McConkey agar 상에서 재 평판하여 100% 분리할 수 있다고 주장하였다.

무엇보다도 분리된 균주의 병원성 유무를 확인하는 일이 중요한데, 현재 염색체상의 *ail*, *inv* region을 probe로 이용하여 판정하는 방법과, Delor 와 Ibrahim 등(1992)은 염색체 상에 존재하는 *yst* gene을 probe로 사용하는 방법 그리고 plasmid-encoded sequence를 이용하는 방법 등이 이용되고 있다.

4. 우유 및 유제품중의 출현 빈도

D.A. Schiemann(1978)은 우유 및 유제품을 대상으로 오염 정도를 조사하였다. 그 결과 55개의 원유 시료중에서 10건이 검출되었으며 시판 균질화 우유는 87개 시료중 단 1건만이 양성으로 나타났다. Walker 등(1986)도 원유와 시유를 대상으로 실험한 결과 원유와 시유에서 6 - 16%의 빈도로 오염되어 있다고 보고한 바 있다(Table I-5).

Table 1-5. Milks and dairy products examined for presence of *Y. enterocolitica*.

Type of products	No of examined (positive %)	
	Schiemann(1978)	Walker et al(1986)
Homogenized milk	87(1)	100(6.0)
Skim milk	43(0)	-
Cream	85(0)	-
Milkshake	18(0)	-
Chocolate milk	32(0)	-
Raw milk	55(10)	150(22.7)
Farm pasteurized milk	-	50(8.0)
Cheese curd	76(0)	-
Cheddar cheese	31(0)	-
Italian cheese ^a	18(0)	-

^aProvolone,Caciocavallo,Mozzarella,Scamorza,Provolette,and Ricotta.
From D.A. Schiemann(1978) and Walker et al(1986).

최근 우루구아이 라운드 협정 이후 국내의 식품 시장에는 외국산 농, 수, 축산물의 유입이 크게 증가하고 있고 외국 식품의 소비도 역시 크게 증가하고 있다. 수입 식품 및 국내 식품에 대한 미생물학 안전성을 신속하게 평가하는 일은 무엇보다도 중요하며 국가적으로 그 대책을 시급히 강구해야 할 분야이다. 특히 병원성 미생물은 식중독과 같은 집단적 발병 원인 물질이므로 위생학적 측면에서 대책을 마련해야 한다.

II. *Campylobacter jejuni/coli*

*Campylobacter jejuni*는 원래 인간의 병원체로 알려진 것은 아니다. 처음에는 수의사들에 의해 소와 양의 낙태를 유발하는 *Vibrio*와 유사한 세균으로 인식되었다가 Elizabeth King에 의해 쇠약한 사람에게 질병을 일으킬 수 있다는 사실이 밝혀졌다. *Campylobacter jejuni*는 *E. coli*나 *Listeria monocytogenes*에 비해 뒤늦게 알려진 병원체이다. 미국에서는 인체의 세균성 질병을 유발하는 가장 일반적인 원인균중 하나로 *Campylobacter*를 지목하고 있으며 최근 이에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. *Campylobacter*속에는 여러 species가 있으며, *Campylobacter jejuni*, *C. coli*, *C. lari*, *C. curvus*, *C. fetus subsp. fetus*, *C. fetus subsp. intermedius*, *C. fetus subsp. upsaliensis*, *C. fetus subsp. crysaerophilia*, *C. fetus subsp. hyointestinalis*, *C. fetus subsp. butzeleri*, *C. fetus subsp. doylei* 등이 알려져 있다. Rogel은 *Campylobacter jejuni*의 27 biotype을 확인한 바 있다. *Campylobacter coli*는 주로 돼지의 분변으로 부터 분리된다. Skirrow는 “*C. jejuni*와 *C. coli*는 서로 유사한 미생물이고, 동일한 질병을 일으키며 단지 유일한 차이점은 두 균의 출처뿐이다” 라고 하였다. 따라서 이 두 균주에 의해 일어나는 감염증은 매우 유사하다. *Campylobacter*는 동물 장관의 정상 균총으로 알려져 있다.

1. 생육 조건(Growth characteristics) 및 서식처(Ecology)

*Campylobacter*는 gram 음성으로 나선형(Spirillaceae)의 미호기성(5% 산소) 세균이다. 1913년 소와 양의 낙태와 과련이 있다는 이유로 초기에는 *Vibrio fetus*로 알려졌으나 King이 처음으로 1957년 혈액 배양물로부터 분리하였다. 1973년에 Butzler 등이 선택적인 분리법이 개발되었으며 인간의 설사를 유발한다는 사실을 확인하였다.

*Campylobacter*는 동물의 장관에 서식하는 미생물로서 조류,소,양,염소,돼지 등의 분변에 많이 존재한다. 이들중에서도 가금류가 가장 주요한 보균 동물로 알려져 있다. 보고된 바에 의하면 소의 장관에서의 정착율(colonization rate)은 3-24%였고, 가금류는 0-100%로 동물의 종류에 따라 변화가 컸다. 대개 이들 동물의 분변 중에는 10^4 - 10^8 마리/g 정도 존재하는 것으로 알려져있다. 소매점에서 유통되거 있는 닭고기로 부터의 분리율은 23.1%-98% 범위였다(Table II-1).

Table II-1. Isolation rates of *C. jejuni(j)* and *C. coli(c)* from retail broiler chickens.

Chicken products sampled		% Isolation	Species isolated
DeBoer and Hahne	Various products	61	j
Harris et al.	Whole	23.1	j/c
Hood et al.	Whole	48	j
Jones et al.	Whole	31.5	j
Kinde et al.	Wings	82.9	j
Marinescu et al.	Whole	87.8	j/c
Park et al.	Whole	62	j
Simons and Gibbs	Whole	48	j
	Whole	80	j
Stern and Line	Whole	98	j/c
Svedham et al.	Whole	62.5	j
Wesley et al.	Whole	50	j
	Wings	55.5	j

한편 *Campyobacter* 속 미생물의 생육 특성을 보면 장내 세균이므로 미호기성(microaerophilic) 조건하에서 가장 잘 자라는 미생물이다. 생육

온도의 범위는 30-45℃이고 최적 생육 온도는 42-45℃이다. 또한 생육을 위한 최적 pH는 6.5-7.5 사이이며, pH 4.9-5.1 미만에서는 생육이 저해된다.

열(heat)에는 일반적으로 감수성이 크므로 저온살균(pasteurization) 온도에서 쉽게 사멸시킬 수 있다. 연구 결과 우유중에서의 D-value는 48℃에서 7.2-12.8 분 55℃에서 0.74-1.0분으로 나타났다. 이 세균은 *E.coli* O157:H7 보다도 열에 더 민감하다. 또한 육류중에 존재할 경우에는 D-value는 50c 5.9-6.3분, 60℃에서는 1분 미만이다. 닭고기 중에서는 D-value가 각각 20분 및 0.8분인 것으로 나타났다. *Campylobacter*는 냉장 및 동결후에도 생존할 수 있는 데 실온 보다도 오히려 냉장 조건에서 더 잘 생존할 수 있다. 인위적으로 닭고기를 이 균으로 오염시킨후 냉장고에서 보존하면서 생존율을 조사한 결과, 실온보다도 냉장 조건에서 더 높게 나타났다. 동결(freezing) 처리에 의해서도 쉽게 사멸하는 것으로 보이며 따라서 냉동육에서의 분리율이 냉장육에서의 분리율 보다 낮다.

생육에 미치는 NaCl의 영향을 보면, 0.5%에서 최적 생육을 보였으며 그 이상의 농도에서는 비교적 쉽게 사멸한다. 이 미생물은 건조(drying)에 취약하고 Organo, sage, clove와 같은 보존향신료는 0.05%의 수준에서 사용하면 생육을 저해해할 수 있다. ascorbic acid는 0.05%의 농도에서 생육을 저해할 수 있는데 이러한 저해효과는 그 자체의 효과가 아니라 자신의 산화생성물에 의한 작용으로 보여진다. 이 미생물은 식품보존제(disinfectant)인 sodium hyphosphite 허용 범위에서는 효과적으로 제거할 수 없었다. 일반적으로 흔히 사용하는 sodium hypochlorite, phenolic compounds, iodophors, quarternary ammonium compounds, 70% ethanol, glutaraldehyde 등의 표준 사용 농도에 매우 민감하였다.

가금류를 열탕처리(scalding)함에 있어서 50-100 ppm의 양이온성 4급암모늄화합물 존재하에 50℃로 가열하였을 때 이 세균은 쉽게 사멸하였다. 또한 항생제에 대한 감수성은 매우 다양한 것으로 보인다. 대부분의 분리균들은 nitrofurans, gentamicin, chloramphenicol 등에 민감하지만 그외의 항생물질에는 감수성이 서로 크게 다르게 나타났다.

진공 포장이나 변성 대기(modified atmosphere)는 이 세균의 증식을 저해하지 못하였다. γ 선 조사를 하였을 경우 *Salmonella*보다 더 쉽게 사멸하였으며 D-value는 32 Krad였다. 자외선을 조사한 경우에도 쉽게 사멸되었다.

최근 해수중의 *Vibrio* 균에서 알려진 사실이지만 살아있으나 배양시킬 수 없는 형태(VBNC: viable but non-culturable form)로도 존재할 수 있다. 영양원의 고갈, 열 충격(heat shock), 동결-융해(freeze-thawing)등을 처리하여 이와 같은 상태로 전환시킬 수 있으며, 이런 반동면(semi-dormant) 상태에서도 감염성이 있다고 한다. 가공 용기에 biofilm을 형성하고 있는 경우에는 chlorine, chloramine과 같은 살균제에 대하여 내성이 더 증가한다.

*C. jejuni*와 *C. coli*는 매우 유사한 세균이다. *Campylobacter lari*도 조류의 장내 세균으로 존재하며 식품 유래의 질병을 일으킬 수 있다. *C. coli*는 돼지와 관계가 깊다. *C. jejuni*의 분리율은 소, 염소, 양에서 각각 5%, 2%, 15% 였다. *Campylobacter*의 감염원은 다음과 같다.

1)가금류: 주용한 오염원이다. 생육 적정 온도가 42-45℃ 이므로 가금류처럼 체온이 높은(42℃) 동물에게 많다. Pearson(92)은 농장에서 일어나는 오염의 근원은 물(water supply)때문이라 하였다. 미국에서 소매로 판매되는 대부분의 육계(broiler) 도체가 *C. jejuni*에 의해 오염되었다고 보고된 바 있다.

2) 소: 소의 분변에서 분리된 경우는 비교적 적으므로 주요한 오염원은 아니다. 그러나 우유의 오염은 감염된 소에서 유래하였다. *Campylobacter* 속의 어느 종은 유방염을 일으킬 수 있다.

3)돼지: 돼지는 *C. jejuni* 보다는 *C. coli*의 보균동물이다.사육되는 돼지의 50%는 이 미생물을 가지고 있다고 한다. 따라서 가열 조리하지 않은 소시지는 이 미생물에 오염될 수 있으므로 주의할 필요가 있다.

4)양: 이 미생물은 양의 낙태를 유발할 수 있으나 양에 오염되는 일은 그리 많지 않다.

5)식품: 동물성 식품을 취급하거나 조리하는 기구의 표면에 biofilm을 형

성하여 감염을 일으킬 수 있다.

6) 기타: 거의 모든 새들이 *Campylobacter*의 감염원이 될 수 있다. 새들이 날아가면서 떨어뜨리는 배설물이 가축들에게 전파될 수 있으며, 야생 설치류나 쥐들도 배설물을 통하여 전파가 가능하다. 또한 축사나 가금류의 농장에 있는 파리로 부터도 감염될 수 있다. 굴은 어개류중에서 특히 사람에게 *C. jejuni* 감염을 일으킬 수 있는 동물이다.

2. 역학(Epidemiology)

미국의 CDC의 *Campylobacter* 감시 기구의 보고에 의하면 발생율은 5-6 건/100,000명 정도로서 *Shigella*와 비슷한 수준이나 *Salmonella*의 검출 빈도(18-20건/100,000명) 보다는 상당히 낮았다(Table II-2).

Table II-2. Reported isolates and isolation rates, National *Campylobacter* Surveillance System, United States, 1982-1989.

Year	No. of isolates	Isolation rates/100,000
1982	4027	7.2
1983	8630	4.9
1984	8770	5.0
1985	9753	5.7
1986	10063	5.9
1987	9552	5.5
1988	10024	5.8
1989	10179	5.9

이렇게 빈도가 낮은 이유는 설사를 앓는 대부분의 사람들이 의사에게 진료를 받지 않기 때문이며, 실험실에서 이 미생물을 효과적으로 분리할 수 없었기 때문이다. 몇개의 병원을 대상으로 한 사례연구에서 실제로 이의 약 10배인 40-50 건/1,000 정도로 믿고 있다. 감염 연령층은 주로 4세 미만의 어린이에게 많이 일어났고 간헐성 campylobacteriosis는 남성, 여성 모두 청년기에 많이 걸리는 것으로 조사되었다. 발병 시기는 주로 5월

에서 부터 10월사이 즉 여름철에 많이 일어난다. 식품 유래(foodborne)인지 수인성(waterborne)인지 알아보기 위하여 1978 - 1986년 사이에 일어난 outbreak를 조사한 결과 80%가 식품 유래로 확인되었으며 원인 식품의 대부분은 원유(raw milk)와 가금류(poultry)였다. 1985년 미국에서 소매점에서 유통되고 있는 몇몇 육류에서의 출현빈도를 보면 table II-3과 같이 닭고기에서 가장 높은 빈도로 출현하였다. 간헐성 감염증(sporadic campylobacteriosis)은 위생 상태가 열악한 부엌에서 불결한 조리 기구를 이용하여 날 닭고기를 취급하는 사람에게 확률이 매우 높았다. 따라서 가금류를 취급하거나 조리하는데 주의하면 campylobacteriosis는 상당히 감소시킬 수 있다고 생각된다.

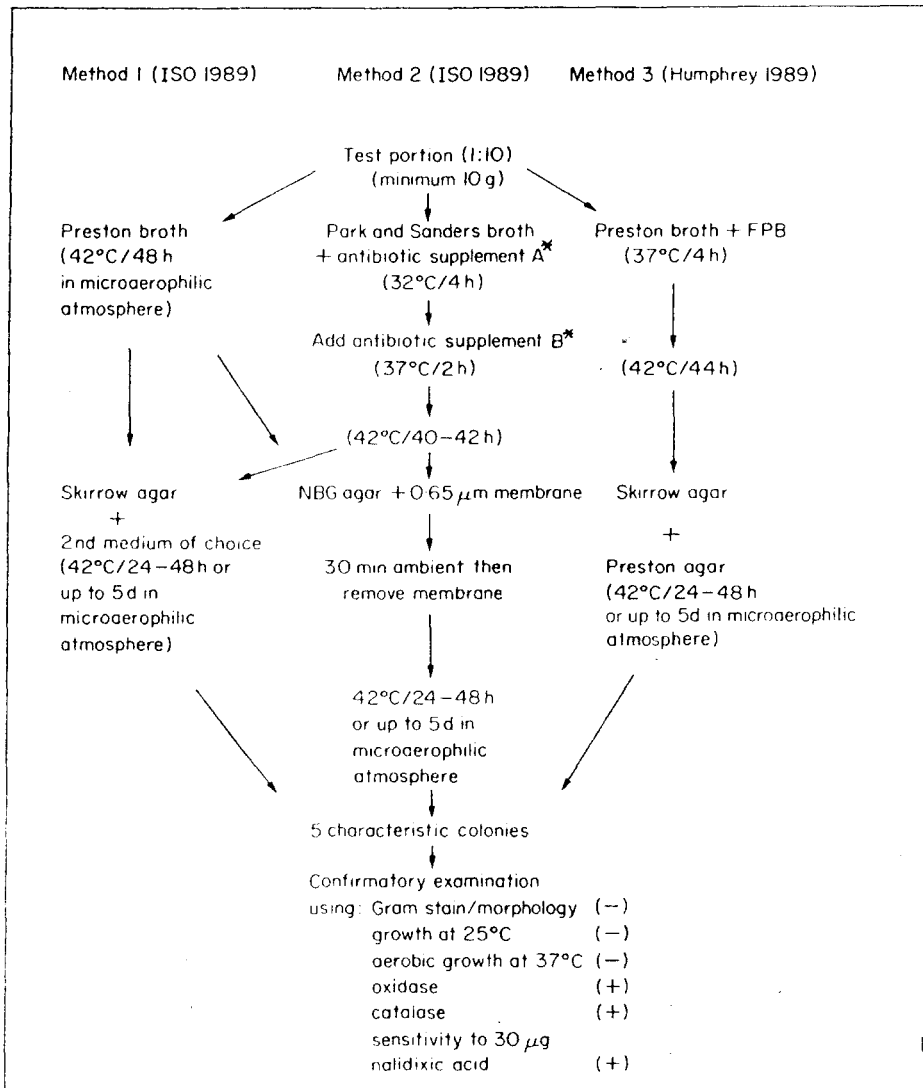
Table II-3. Prevalence of naturally contaminating *C. jejuni* and *coli* in retail market meats in the United States.

Products	No. of sampling yielding <i>Campylobacter</i> spp./ No. of samples analyzed(%)
Chicken	107/360 (29.7)
Pork chop	18/360 (5.0)
Pork sausage	15/360 (4.2)
Ground beef	13/360 (3.6)
Beef flank	17/360 (4.7)
Lamb stew	29/360 (8.1)

Stern *et al.*, 1985

3. 내열성 균주의 검출 방법

기존의 검출 방법은 시간과 노력이 많이 소요되는 단점이 있었다. 따라서 International Standards Organisation(ISO)에서는 식품으로 부터 이 미생물을 분리하고자 하는 실험실에 대하여 2가지 방법을 권장하고 있으며 또한가지 방법으로 Humphrey 방법(1989)으로 Preston selective 배지를 이용하는 방법이다(Fig 1).



* Method 2에서 쓰인 Antibiotic supplement A, B

Antibiotic solution A

Vancomycin 0.1 g
Trimethprim 0.1 g
Brucella broth 50 ml

Antibiotic solution B

Cefoperazone 0.032 g
Cycloheximide 0.100 g
Brucella broth 50 ml

Figure 1. Summary of procedures for methods 1-3.

실험실로 이송된 시료는 우선 껍질을 제거한 다음 잘게 썬 다음 무균적으로 혼합한다. 이것을 각 5g씩 5개로 나눈다음 MPN 방법으로 *Campylobacter*의 수를 계산하는 것이다. 남은 껍질은 2.5g씩 나누어 -20℃에서 보존한다. 적은 수로 오염시키려면(2 cells/ 10g) 동결된 시료 2.5g과 2.5 KGy로 조사시킨 닭고기 껍질 7.7g을 혼합하고, 많은 수로 오염시키려면(10 cells/ 10g) 자연적으로 오염된 껍질 10g을 그냥 쓴다. Method 1은 미호기성 상태에서 Preston broth 중에서 pre-enrichment하는 방법이고, Method 2는 Park과 Sanders broth에 항생물질을 보충하는 방법으로 enrichment하는 방법이다.

Table II-4에 나타난 바와 같이 method 2에서 가장 많은수의 균이 검출됨을 볼수 있다. 따라서 세가지 검출법중 이 방법이 가장 효과적으로 분리할 수 있는 방법으로 생각된다.

Table II-4. Summary of total scores of each method for detection of thermotolerant *Campylobacters* in naturally-contaminated minced chicken skin.

Method	Negative samples		Positive Samples					
	No. of tests.	Vol(%)	Lower inoculum		Higher inoculum		Combined score	
			No. of tests	Vol.(%)	No. of tests	Vol.(%)	No. of tests	Vol.(%)
1	12	0(0)	24	8(3.3)	24	18(75)	48	26(54)
2	12	1(8.3)	22	19(86)	22	17(77)	44	36(82)
3	12	0(0)	24	8(33)	24	15(63)	48	23(48)

Lower inoculum : ca 2 cells *C. jejuni* per 10g.

Higher inoculum : ca 10 cells *C. jejuni* per 10g.

4. 병원성(pathogenesis)

*Campylobacter*에 의한 급성 장염(acute enteritis)은 이질과 비슷한 수양성 하리(설사)의 발생이 특징적인 증세이며, 불쾌감, 고열, 복통을 수

반한다. 잠복기는 대개 1주 정도이며 약 5-10일간 지속되는 데 가끔 설사 후 1-2만에 출혈이 있을 수도 있다. 그외의 증세로는 메스꺼움, 구토, 관절통, 드물게 수막염, 담낭염, 요도염 등이 보고된 바 있다. 복통과 관련하여 불필요한 맹장 수술을 하는 수 있으며, 관절염, Reiter's syndrome으로 오인되기도 한다. 인체에 대한 감염증은 일과성 무증상에서 부터 심한 설사에 이르기까지 광범위한 임상적 증상을 나타낸다. *Campylobacter*에 의한 발병 기구를 이해하기 위한 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

이 미생물을 섭취한 후 2-5일만에 발병이 된다. 건강한 사람에게 질병을 일으킬 수 있는 최소감염량(minimal infectious dose)은 500-800 마리 정도면 충분하다는 보고가 있으나 아직 확실한 것은 아니다. 증세를 보인 환자의 분변을 발병후 2-3주 후에 배양하였을 경우 음성으로 나타났다. 미국과 같은 산업 선진국에서는 주민 1% 미만이 감염 증세가 없는 보균율을 가지며 감염환자로 부터의 2차 감염은 특별한 여건이 아니면 거의 없다.

Levine *et al.*은 enteric pathogen을 발병 mechanism에 따라서 3개의 group으로 구분하였다. 첫째는 *Shigella*와 같이 장상피조직을 침투하여 상피 조직중에서 증식함으로써 질병을 일으키는 병원균이다. 이 세균이 침입하면 세포의 손상 및 사멸로 인하여 조직 궤양이 일어난다. 따라서 mesenteric adenitis와 세균성 패혈증(bacteremia)는 일어나는 일이 거의 없다. campylobacteriosis의 약 20-30%는 장상피조직의 침투를 야기하며 혈변이나 점액이 대변에 출현한다. 이 경우 일반적으로 염증이 일어나는 곳은 회장 말단부 및 결장이다.

두번째는 점막을 통한 이동(mucosal translocation)으로서 *Salmonella*와 *Yersinia*가 여기에 속한다. 이들은 장점막에 최소한의 손상을 입히면서 침투한 다음 lamina propria나 임파절 중에서 증식한다. 따라서 mesenteric adenitis가 campylobacteriosis 감염증을 앓고 있는 어린이나 어른에 모두 발견된바 있으며 그 결과 맹장염과 유사한 복통이 일어날 수 있다. *Campylobacter*는 분명히 침투성이 있어 환자들은 흔히 일어나며 혈액이나 점액이 백혈구 등을 대변으로 배설한다. 비록

Campylobacter속이 Sereny test가 음성이라 하더라도 실험적으로 조직 침투성이 있음을 확인하였다.

셋째는 병원균이 생산하는 enterotoxin에 의해 일어나는 수양성 하리로서 cholera가 대표적이다. 몇몇 연구 결과 *Campylobacter*가 cholera toxin 및 *E. coli* LT와 면역학적으로 유사한 enterotoxin을 생산한다는 보고도 있으나 아직 분명하지 않다. Rat이나 생쥐의 장관에서 *Campylobacter* enterotoxin이 체액을 축적할 수 있다는 보고도 있으며, *Campylobacter*의 어떤 분리균은 cytotoxin을 생산하여 세포막을 천공하는 것 같다. 장내 세균중에는 plasmid를 가지고 있는 경우가 많이 있는데 이것의 존재는 독성 결정기(virulence determinant)로 작용하는 경우가 흔히 있다. 몇몇 *Campylobacter jejuni* 주는 plasmid를 가지고 있는 것으로 나타났으나 plasmid의 존재가 항생제에 대한 저항성 이외에 독성의 지표인 세포 부착성, 침투성, 독소생산능과의 관계는 없는 것으로 보인다.

이 미생물이 미호기성인 것은 다른 장내 미생물과 유사하나 형태가 나선형이므로 숙주 세포에 정착할 때 점액에 붙는다. 상피세포에 직접 부착하기 보다는 점막에 정착하는 것으로 보인다. 즉, 세포 운동은 세포의 양말단에 존재하는 한개 또는 그 이상의 편모에 의존하는 바, 화학주성(chemotactic)을 나타내는 세포 운동성은 점액중에 존재하는 고분자 물질인 mucin이라는 glycoprotein 때문이며 mucin 분자중의 당성분인 L-fucose에 특이적으로 유인되는 것으로 밝혀졌다. Nachamkin 등은 *Campylobacter jejuni*의 flagella mutant를 이용하여 숙주의 장관에 정착에 관여하는 편모의 역할을 연구한 바, 편모가 없는 변이주나 편모가 부분적으로 잘려나간 변이주는 정착에 실패하였고 정상적인 편모를 가진 균주만이 정착할 수 있음을 보고하였다. 따라서 편모는 세포의 운동성에 관여할 뿐만 아니라 장관내 정착을 도모하는 부착물을 함유하는 것 같다. 또한 outer membrane protein, lipopolysaccharide 등도 상피세포에 부착을 도와줄 수 있다.

후유증으로 Reiter's syndrome과 Guillain-Barré syndrome이 보고된 바 있다. 이 질환은 북미와 유럽의 젊은이들에게 흔히 일어나는 관절염의

일종이다. Guillain- Barré syndrome은 급성 마비성 질환으로 미국에만도 연간 3,000여명이 발생한다. 대부분이 선행적으로 바이러스성 질환에 걸린 사람에게 발병되나 Kaldor와 Speed는 Guillain- Barré syndrome 환자의 38%가 최근 *C. jejuni* 감염증에 걸린 경험이 있다고 보고하였다.

5. 육계 가공중 오염 대책(Control strategies)

육계 가공중 오염을 줄일수 있는 가장 중요한 단계는 동종 또는 타종의 조류 사이에 일어날 수 있는 교차 감염을 최대한 억제하는 것이다. 현재의 가공 기술로는 도체에 대한 *Campylobacter* 오염을 완전히 방지할 수 없기때문에 HACCP을 통한 접근법이 효과적이다. 이와 관련된 몇가지 항목을 열거하면 다음과 같다.

- 1) 위생적인 조리과정
- 2) 교차 감염을 줄이기 위한 세척 설비
- 3) 도체나 그 접촉면을 염소나 기타 항세균성 소독제를 처리할 수 있는 분무장치
- 4) 열처리 및 냉각을 위한 counterflow water system 설치
- 5) 최종 제품의 냉각 및 냉동을 포함하여 가공 단계별 적절한 온도 조절
- 6) 적절한 포장재의 선택

이상에서 기술한 바와 같이 *Campylobacter jejuni*는 의사들에 의해 소와 양의 낙태를 유발하는 *Vibrio*와 유사한 세균으로 인식되었다가 사람에게도 질병을 일으킬 수 있는 병원성균으로 확인되었다. *Campylobacter coli*는 *Campylobacter jejuni*와 매우 유사하나 주로 돼지의 분변으로 부터 분리된다. *Campylobacter*는 gram 음성으로 나선형의 미호기성(5% 산소) 세균이다. 열(heat)에는 일반적으로 감수성이 크므로 저온살균(pasteurization) 온도에서 쉽게 사멸시킬 수 있다. 소나 양, 돼지 등의 가축 분변 중에는 10^4 - 10^8 마리/g 정도 함유된다. *Campylobacter*의 가장 주요한 오염원은 가금류이다. 가금류는 체온이 42℃로 비교적 높으

므로 생육 적정 온도가 42-45℃인 이 미생물이 자라기에 적당한 환경이 된다. 또한 조류들도 *Campylobacter*의 감염원이 될 수 있다. 이들이 떨어뜨리는 배설물이 가축들에게 전파될 수 있으며, 야생 설치류나 쥐들도 배설물을 통하여 전파가 가능하다. 사람은 구강을 통하여 감염될 수 있고 감염되면 급성 장염에 의한 심한 설사와 Reter's syndrome, Guillain-Barré syndrome과 같은 후유증이 우려된다. 감염 자체는 치명적인 것은 아니지만 심해지면 생명이 위협할 수도 있다. 발병을 시킬수 있는 최소 감염량은 수백 마리 정도로 매우 낮으므로 주의 요한다. 발병 메카니즘은 아직 모호한 점이 많지만 대개 장상피 조직으로 침투한 다음 상피조직중에서 증식함으로써 질병을 일으키는 것으로 생각된다. 모든 병원성 균주가 enterotoxin을 생성하는지 아닌지 여부는 불확실하다. 아직 이 미생물에 의한 발병 기작의 연구가 충분하지 않은 상태이나 이에 대한 대비책을 서둘러서 마련할 필요가 있다고 본다.

References

< *Yersinia enterocolitica* >

1. Aldova, E., J. Cerney, and J. Chamela. 1977. *Bakteriol. Mikrobiol. Hyg. Abt.I. Orig.*, A239: 208-212.
2. Bercovier et al. 1980. *Current Microbiol.* 4: 207-212.
3. Black, R.E. et al. 1978. *New England J. Med.* 298: 76-79.
4. Bottone, E.J. 1977. *CRC Critical Review in Microbiology* 5: 211-241.
5. Choi. C.H. et al. 1989. *Kor. J. Med. Microbiol.* 24(2): 143-153.
6. Feeley, J.C., W.H. Lee, and G.K. Morris. 1976. Compendium of method for the microbiological examination of foods. N.Y. pp 157-162.
7. Fukushima, H., K.Saito, and M. Tsubokura. 1983. *J. Clin. Microbiol.* 18: 981-982.
8. Fukushima, H. 1985. *Appl. Environ. Microbiol.* 50(3): 710-712.

9. Gemski, P., J.R. Lazere, and T. Casey.1980. *Infect.Immun.* 27(2): 682-685.
10. Hanna, D.W., J.C. Steward, Z.L. Carpenter, and C. Vanderzant. 1977. *J. Food Sci.* 42: 1134-1136.
11. Harmon, M.C., C.L. Yu, and B. Swaminathan.1983. *J. Food Sci.* 48: 6-9.
12. Head, C.B., D.A.Witty, and S. Ratnam. 1982.*J. Clin. Microbiol.* 16: 615-620.
13. Higuchi,K. and J.L. Smith.1961. *J. Bacteriol.* 81: 605-608.
14. Higuchi, K. and J. Smith.1961. *J. Bacteriol.* 81: 605.
15. Hughes, D. 1979. *J. Appl. Bacteriol.* 46: 125.
16. Inoue, M. and M. Kurose.1975. *Jap. J. Vet. Sci.* 37: 91-93.
17. Kandolo, K. and G. Wauters. 1985. *J. Clin. Microbiol.* 21: 980-982.
18. Kapperud,G. and T. Bergan.1984. *Method in Microbiol.* 15: 295-344.
19. Lassen, J. *Scand. 1972. J. Dis.* 4: 125- 127.
20. Mollaret, H.H., H. Bercovier, and J. Alonso. 1979. *Contr. Microbiol.Immun.* 5:174.
21. Nesbrakken, T., G. Kapperud, K. Dommasnes, M. Skurnik, and E. Hornes. 1991. *Appl. Environ Microbiol.* 57(2): 389-394.
22. Park, S. K. et al. 1992. *Kor. J. Vet. Sci.*, 32(1): 63-76.
23. Payne, S.M. and R.A. Finkelstein. 1977. *Infect. Immun.* 18:94-98.
24. Potnoy, D.A., S.L. Mosley, and S. Falkow. 1981. *Infect.Immun.* 31(2): 775-782.
25. Schiemann,D.A.1978. *Appl.Environ Microbiol.* 36: 274-277.
26. Schiemann, D.A.1982. *Appl. Environ. Microbiol.* 43: 14.
27. Schiemann, D.A. 1983. *J. Food Protect.* 46: 957.
28. Swaminathan, B., M.C. Hardon,and I.J. Mehlman. 1982.

J. Appl. Bacteriol., 52: 151-183.

29. Walker, S.J. and A. Gilmour. 1986. *J. Appl. Bacteriol.*, 61: 131-138.

< *Campylobacter jejuni/coli* >

1. Adam D. D. and N. N. Potter. 1984. Survival of *Campylobacter jejuni* at different temperature in broth, beef, chicken and cod supplemented with sodium chloride. *J. Food Protec.* 47 : 795-800.
2. Blankenship, L.E. and S. E. Craven. 1982. *Campylobacter jejuni* survival in chicken meat as a function of temperature. *Appl. Environ. Microbiol.* 44 : 88-92.
3. Bolton, F. J. and L. Robertson. 1982. Selective medium for the isolation of *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli*. *J. Clinical Pathology.* 35 : 462-467.
4. Doyl, M.P. and Roman, D.J. 1982. Recovery of *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli* from inoculated foods by selective enrichment. *Appl. Environ. Microbiol.* 43. 1343-1353.
5. Doyle, L.P. 1944. A *Vibrio* associated with swine dysentery. *Amer. J. Vet. Res.* 5: 3-5
6. Doyle, M. P. and D. J. Roman. 1982. Sensitivity of *Campylobacter jejuni* to drying. *J. Food Prot.* 45 : 507-510.
7. Franco, D. A. 1988. *Campylobacter* species : Consideration for controlling a foodborne pathogen. *J. Food Prot.* 51 : 145-153.
8. Giessen A.V.D., S. Mazurier, W. Jacobs-Reitsma, W. Jansen, P. Berker, W. Ritmeester, and K. Wernalrs. 1992. Study on the Epidemiology and control of *Campylobacter jejuni* in poultry broiler flocks. *Appl. Environ. Microbiol.* 54 : 1913-1917.
9. Griffiths, P.L. and R.W.A. Park. 1990. *Campylobacters* associated with human diarrhoeal disease. *J. Appl. Bacteriol.* 69 : 281-301

10. Kaldor J. and B.R. Speed. 1984. Guillain-Barre syndrome and *Campylobacter jejuni*: a serological study. *Br. Med. J.* 288: 1867-1870.
11. Kiggins, E.M. and W.M. Plastringe. 1956. Effect of gaseous environment on growth and catalase content of *Vibrio fetus* culture of bovine origin. *J. Bacteriol.* 72: 397- 400.
12. King, E.O. 1957. Human infections with *Vibrio fetus* and a closely related *Vibrio*. *J. Infect. Dis.* 101: 119-118.
13. LeChevallier, M.W., C.D. Cawdon, and R.G. Lee. 1988. Inactivation of biofilm bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* 54: 2492-2499.
14. Matin, A., E.A. Auger, P.H. Blum, and J.E. Schultz. 1989. Genetic basis of starvation survival in non-differentiating bacteria. *Ann. Rev. Microbiol.* 43: 293-316.
15. Potter, M. E. , M. J. Blaster, R. K. Sikes, A. F. Kaufmann and J. G. Wells. 1983. Human *Campylobacter* infection associated with certified raw milk. *J. Epidemiol.* 117: 475-483
16. Rollins, D.M. and R.R. Colwell. 1986. Viable but non-culturable stage of *Campylobacter jejuni* and its role in the aquatic environment. *Appl. Environ. Microbiol.* 52: 532-538.
17. Saha, S. K. and S. C. Sanyal. 1991. Recovery of *Campylobacter jejuni* cells after animal passage. *Appl. Environ. Microbiol.* 57: 3388-3389
18. Skirrow, M.B. 1991. *Campylobacter*, In W.M. Waites and J.P. Arbuthnot (eds.). *Foodborne Illness*, Edward Arnold, London, pp 62-67.
19. Stern, N.J., S.S. Green, N. Thaker, W. Krout and J. Chiu. 1984. Recovery of *Campylobacter jejuni* from fresh and frozen meat and poultry collected at slaughter. *J. Food Protec.* 47: 372-374.
20. Scotter, S.L., T.J. Humphrey and A. Henrey. 1993. Methods for

- the detection of thermotolerant *Campylobacters* in foods. *J. Appl. Bacteriol.* 74 : 155-163
21. The National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods. 1994. *Campylobacter jejuni / coli.* *J. Food Protec.* 57: 1101-1121
 22. The National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods. 1995. *Campylobacter* in Broiler Production and Processing. *Dairy, Food and Environ. Sanitation.* 15(3) : 147-150
 23. The National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods. 1995. *Campylobacter* pathogenesis. *Dairy, Food and Environ. Sanitation.* 15(3) : 144-146
 24. The National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods. 1995. Facts About *Campylobacter* for Retail Food, Food Service and Regulatory. *Dairy, Food and Environ. Sanitation.* 15(3) : 152
 25. The National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods. 1995. Facts for Consumers About *Campylobacter jejuni.* *Dairy, Food and Environ. Sanitation.* 15(3) : 153
 26. The National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods. 1995. Intervention Strategies for Controlling Pathogenes in Broiler Processing. *Dairy, Food and Environ. Sanitation.* 15(3) : 151
 27. Walker, R.I., M.B. Caldwell, E.C. Lee, P. Guerry, T.J. Trust, and J.G.M. Ruiz - Palacios. 1986. Pathophysiology of *Campylobacter* Enteritis. *Microbiol. Rev.* 50(1) : 81-94.
 28. Wanh, W. L. , B. W. Powers , N. W. Luechtefeld and M. J. Blaster. 1983. Effects of disinfectants on *Campylobacter jejuni.* *Appl. Environ. Microbiol.* 45 : 1202-1205