

## ARCOBACTER, EEN NIEUWE VOEDSELPATHOGEEN IN DE SCHADUW VAN DE THERMOFIELE CAMPYLOBACTERS

K. Houf, E. Van Driessche, G. Rasschaert, L. de Zutter en J. Van Hoof

Vakgroep Veterinaire Volksgezondheid en Voedselveiligheid, Faculteit Diergeneeskunde,  
Universiteit Gent, Salisburylaan 133, B-9820 Merelbeke, België  
kurt.houf@UGent.be

### SAMENVATTING

*Arcobacters* werden voor het eerst geïsoleerd uit de organen van geaborteerde runder- en varkensfoetussen. Sindsdien zijn *arcobacters* geïsoleerd uit diverse biologische matrices. *Arcobacters* worden geassocieerd met enteritis bij de mens en enteritis en vruchtbaarheidsstoornissen bij landbouwhuisdieren. De pathogeniciteit en de risicofactoren voor infectie zijn echter tot op vandaag nog grotendeels niet gekend. *Arcobacters* komen vooral voor op pluimveeproducten waardoor het manipuleren en de consumptie van deze producten een mogelijke besmettingsbron vormen voor de mens. In dit artikel wordt een overzicht gegeven van de huidige stand van kennis.

### TAXONOMISCHE GESCHIEDENIS

Kleine, aërotolerante, spirilvormige bacteriën werden voor het eerst succesvol geïsoleerd uit de organen van geaborteerde foetussen van herkauwers en varkens (Ellis *et al.*, 1977; 1978). Op basis van biochemische testen werden deze micro-organismen ondergebracht in het genus *Campylobacter* en worden ze aërotolerante *campylobacters* genoemd (Neill *et al.*, 1979). In 1985 werd een nieuw species, *Campylobacter cryaerophila*, voorgesteld om deze aërotolerante stammen in onder te brengen (Neill *et al.*, 1985). In het begin van de jaren '90 werden op basis van fenotypische karakterisatie en DNA-DNA hybridisaties twee subgroepen binnen *C. cryaerophila* onderscheiden. Katalase-positieve stammen die niet konden groeien in een medium met glycine of op MacConkey agar, werden verder beschouwd als *C. cryaerophila*. De aërotolerante, katalase-negatieve of zwak positieve stammen die wel groeiden in en op deze media, werden als *Campylobacter butzleri* geïsoleerd (Kiehlbauch *et al.*, 1991). Uiteindelijk werden in 1991 op basis van DNA-rRNA- en DNA-DNA-hybridisatiestudies de species *C. cryaerophila* en *C. nitrofigilis* ondergebracht in een nieuw genus, "*Arcobacter*" (Vandamme *et al.*, 1991). In 1992 werd de transfer van *C. butzleri* naar het genus *Arcobacter* voorgesteld en werd een vierde species, *Arcobacter skirrowii*, gekarakteriseerd (Vandamme *et al.*, 1992b).

### HET GENUS *ARCOBACTER*

Op basis van de fenotype- en genotypische gelijkenissen tussen *Campylobacter* en *Arcobacter* werden deze genera in 1991 ondergebracht in een nieuwe familie, de *Campylobacteraceae* (Vandamme en De Ley, 1991). Vereenvoudigd kunnen op basis van DNA-rRNA-hybridisaties drie grote RNA-homologe groepen worden onderscheiden: de rRNA-cluster I bevat het genus *Campylobacter*. Het genus *Arcobacter* behoort tot rRNA-cluster II, en de genera *Wolinella* en *Helicobacter* werden in rRNA-cluster III ondergebracht. In het genus *Arcobacter* zijn er momenteel vier species beschreven: *Arcobacter butzleri*, *Arcobacter cryaerophilus*, *Arcobacter skirrowii* en *Arcobacter nitrofigilis*. De eerste drie species zijn geassocieerd met ziekten bij mens en dier. Het laatste species is een stikstoffixerder en wordt enkel teruggevonden rond de wortels van de *Spartina alterniflora*, een zoutloevende plant (McClung *et al.*, 1983).

In 2002 werd een vijfde species, *Arcobacter sulfidicus*, voorgesteld, maar wordt tot op heden niet erkend. Dit species karakteriseert een autotroof, sulfideoxide-rend marien micro-organisme dat filamenteuze zwavel produceert (Wirsen *et al.*, 2002). Ook zijn er meldingen van isolaties uit olievelden, zoutmeren en geactiveerd slib en zeesediment van verschillende *Arcobacter*-achtige bacteriën die nauw verwant zijn met *A. nitrofigilis* (Teske *et al.* 1996; Thamdrup *et al.* 2000; Voordouw *et al.*, 1996).

## ISOLATIE VAN *ARCOBACTER*

Arcobacters werden voor het eerst geïsoleerd door gebruik te maken van het aanrijkmiddel Ellinghausen-McCullough-Johnson-Harris Polysorbate 80, ontwikkeld voor de isolatie van *Leptospira* (Ellis *et al.*, 1977). Sindsdien werden reeds verschillende protocollen beschreven voor de isolatie van *Arcobacter* species waarbij voornamelijk media worden gebruikt voor de isolatie van *Campylobacter* en zelfs *Yersinia* (Collins *et al.*, 1996). Pas in 1996 werd door de Boer een eerste specifiek semi-solid aanrijkmiddel voor de kwalitatieve isolatie van arcobacters uit verschillende eetwaren van dierlijke oorsprong ontwikkeld (de Boer *et al.*, 1996). In 1998 isoleerden Atabay en Corry (1998) de drie "pathogene" arcobacters uit pluimveeproducten door gebruik te maken van een aanrijking in het CAT-medium, een medium ontwikkeld voor de isolatie van *Campylobacter upsaliensis*, gevolgd door een filtratie op een niet-selectieve agar. In 2001 werd door Houf *et al.* (2001a) een kwalitatieve en kwantitatieve isolatieprocedure voor de selectieve isolatie van arcobacters uit pluimveeproducten ontwikkeld. Dit medium laat de groei van *A. butzleri*, *A. cryaerophilus* en *A. skirrowii* toe en onderdrukt terzelfdertijd de begeleidende flora voldoende. De samenstelling en concentratie van de selectieve agentia zijn gebaseerd op een minimale inhibitorische concentratiestudie, waardoor verschillen in stamgevoeligheid ondervangen worden (Houf *et al.*, 2001b). Het medium werd ondertussen ook gevalideerd voor de isolatie van arcobacters uit humane en dierlijke feces en uit eetwaren van dierlijke oorsprong (Van Driessche *et al.* 2003).

## IDENTIFICATIE VAN *ARCOBACTER* ISOLATEN

Arcobacters zijn gramnegatieve, niet-sporulerende micro-organismen met een aërobe tot microaërobe respiratie. De morfologie van deze bacteriën is pleiomorf, maar de cellen zijn meestal dunne helicaal tot licht gebogen staafjes. Cellen kunnen zich, net als thermofiele campylobacters, in oudere culturen omvormen tot coccoïde lichaampjes. Net als de nauwverwante campylobacters hebben arcobacters één polaire flagel aan één of beide uiteinden van de cel waarmee ze de karakteristieke kurkentrekkervormige beweging maken. Arcobacters groeien bij temperaturen tussen 15 en 39°C bij een optimum pH van 7,2. In tegenstelling tot de thermofiele campylobacters kunnen slechts bepaalde *A. butzleri* en *A. skirrowii* stammen groeien bij 42°C (On, 1996).

De identificatie van species behorend tot de familie *Campylobacteraceae* door middel van de standaard biochemische testen is meestal problematisch omwille van de lage metabolische activiteit samen met de variabiliteit en atypische reacties van sommige stammen (On, 1996). Dit kan resulteren in een foute identificatie. Ook de pogingen om genus- en speciesidentificatie uit te voeren door middel van serologie zijn mislukt omwille van de antigene heterogeniteit (Boudreau *et al.*, 1991). Voor de routinematige identificatie van *Campylobacteraceae* werden verschillende DNA-gebaseerde methoden ontwikkeld. Daar waar eerst gebruik gemaakt werd van restrictiefragment length polymorfisme, al dan niet gecombineerd met restrictieanalyse, en later van de probe-hybridisatie-techniek, worden arcobacters tegenwoordig geïdentificeerd met behulp van de polymerase ketting reactie (PCR) methode. Daarbij kan onderscheid worden gemaakt tussen genusidentificatie met 1 primer koppel (Harmon en Wesley, 1996) en speciesidentificatie door middel van multiplex-PCR (m-PCR) (Houf *et al.*, 2000).

## KARAKTERISATIE VAN *ARCOBACTER* STAMMEN

Methoden als biotypering, serotypering en vergelijking van cellulaire eiwitprofielen, hebben slechts een gelimiteerd discriminerend vermogen en zijn gebaseerd op fenotypische karakteristieken die onstabiel en weinig reproduceerbaar kunnen zijn (On, 1996). Daarom wordt nu vooral gebruik gemaakt van genotypische methoden als random amplified polymorphic DNA assay, pulsed field gel electrophoresis en polymorfe DNA-analyse op basis van repetitieve motieven voor de karakterisatie van *Arcobacter* isolaten (Hume *et al.*, 2001; Houf *et al.*, 2002a). Door de karakterisatie van de isolaten blijkt, naar analogie van *Campylobacter* species, een grote heterogeniteit op stamniveau te bestaan.

## *ARCOBACTER* BIJ LANDBOUWHUISDIEREN

Bij herkauwers wordt het voorkomen van arcobacters geassocieerd met enteritis, abortus en mastitis (Logan *et al.*, 1982; Parvanta, 1999; Wesley *et al.*, 2000). Al in 1977 beschreven Ellis *et al.* de isolatie van arcobacters uit organen van geaborteerde runderfoetussen. Arcobacters worden echter ook teruggevonden in fecale stalen en vaginale swabs van mest- en melkvee die geen verschijnselen van enteritis, abor-

tus of reproduceerbaarheidsstoornissen vertonen, en eveneens uit de placenta van normale foetussen (Gill, 1983; Wesley *et al.*, 2000). Zo blijkt uit een recent onderzoek in Vlaanderen dat 11% van de onderzochte volwassen runderen arcobacters uitscheidt in de feces (Van Driessche *et al.*, 2003).

Bij varkens zijn arcobacters geassocieerd met enteritis en vruchtbaarheidsstoornissen, zoals infertilitet en abortus (Schroeder-Tucker *et al.*, 1996; Hume *et al.*, 2000, On *et al.*, 2002). Maar net als bij runderen blijkt dat ook klinisch gezonde zeugen en beren arcobacters kunnen uitscheiden in de feces (Harvey *et al.*, 1999). Bij onderzoek uitgevoerd in het najaar van 2002 op verschillende varkensafmestbedrijven in Vlaanderen konden uit 44% van de onderzochte feces arcobacters worden geïsoleerd (Van Driessche *et al.*, 2003). Opvallend daarbij is dat de prevalentie sterk verschilt van bedrijf tot bedrijf en niet gelinkt is aan het bedrijfstype, noch aan de geldende hygiëne maatregelen die in het bedrijf worden toegepast. Toch kan worden gesteld dat het onderzoek naar het voorkomen van arcobacters bij varkens bijzondere aandacht verdient rekening houdend met de vaststellingen dat ten eerste arcobacters frequent worden geïsoleerd uit geaborteerde varkensfoetussen en uit vaginale swabs van infertiele zeugen, dat ten tweede inseminatie met experimenteel gecontamineerd sperma zorgt voor een verlaging van het aantal concepties en ten derde dat *A. butzleri* de organen en het intestinaal stelsel van neonatale biggen kan koloniseren (Wesley *et al.*, 1996).

Aangezien pluimveekarkassen en -producten algemeen als de infectiebron voor de mens worden beschouwd, is het onderzoek naar arcobacters gefocust op de prevalentie en infectieroutes bij deze dieren. In België zijn leg- en braadkippen respectievelijk tot 100 en 90% besmet met arcobacters (Houf *et al.*, 2001a). Daarmee is de prevalentie van *Arcobacter* in Belgisch pluimvee zelfs hoger dan die van de thermofiele campylobacters (Houf *et al.*, 2002b). In tegenstelling met de oorsprong van campylobacters op het kippenkarkas, namelijk een fecale bezoedeling van de karkassen tijdens het slachtproces, blijken de arcobacters op het oppervlak niet van fecale oorsprong te zijn (Houf *et al.*, 2003). Arcobacters worden weliswaar frequent geïsoleerd uit de huid van slachtpluimvee, doch ze worden uiterst zelden geïsoleerd uit de darminhoud en feces van kippen. Resultaten van *in vivo* besmettingen tonen aan dat kolonisatie van de kippendarm waarschijnlijk niet plaats vindt (Wesley en Baetz, 1999). Verschillende onderzoekers stellen

daarom dat arcobacters van nature niet in het maag-darmstelsel van pluimvee voorkomen en dat de oppervlaktecontaminatie van pluimveeproducten gebeurt tijdens of na het slachtproces vanuit een tot nu toe ongekende bron.

## ARCOBACTER INFECTIES BIJ DE MENS

Voornamelijk twee *Arcobacter* species zijn tot nu toe geassocieerd met infecties bij de mens: *A. butzleri* en *A. cryaerophilus*. Recent werd echter ook een eerste humane infectie met *A. skirrowii* gerapporteerd. Het betrof een Belgische patiënt met een chronische diarree gedurende reeds twee maanden (Wybo *et al.*, 2003). De meest kenmerkende symptomen van een *Arcobacter* infectie zijn chronische diarree met abdominale pijn al dan niet gepaard gaand met koorts (Dediste *et al.*, 1998). Deze symptomen lijken sterk op die van een *Campylobacter* infectie. Tot nu toe werden er slechts twee uitbraken van *A. butzleri* gerapporteerd (Jacob *et al.*, 1996; Vandamme *et al.*, 1992). De andere gerapporteerde gevallen zijn op zich staande individuele infecties (Mansfield en Forsythe, 2000). Het aantal gediagnosticeerde gevallen is een onderschatting van het werkelijke aantal, gezien slechts weinig klinische laboratoria de kiem opsporen (Engberg *et al.*, 2000). En zelfs dan wordt de kiem vaak op basis van biochemische reacties verkeerd geïdentificeerd als *Campylobacter* (On en Holmes, 1991).

Over de pathogeniciteit van arcobacters bestaat nog veel onduidelijkheid. Niettegenstaande er tot op vandaag slechts enkele studies werden uitgevoerd naar de aanwezigheid van factoren, als adhesie, invasiviteit en productie van toxinen, wijzen de resultaten van deze preliminaire *in vitro* studies op de aanwezigheid van deze virulentiefactoren in bepaalde *Arcobacter* stammen (Kalman *et al.*, 1996; Musmanno *et al.*, 1997).

## INFECTIEROUTES

In Europa gebeurt de initiële infectie bij de mens waarschijnlijk door de consumptie van gecontamineerde eetwaren van dierlijke oorsprong, al dan niet gevolgd door een verspreiding via direct contact. Onderzoek bracht aan het licht dat bio- en serotypen die het meest frequent worden geïsoleerd uit humane specimina, ook het meest frequent voorkomen in pluimveeproducten (de Boer *et al.*, 1996). De juiste infectieroute van pluimveeproducten naar de mens is niet gedocumenteerd maar ongetwijfeld zijn het be-

handelen van rauwe producten, het consumeren van niet of onvoldoende verhitte producten en kruiscontaminatie de uiteindelijke infectieroute.

Naast voedingswaren speelt water een belangrijke rol in de transmissie van *Arcobacter* species zowel naar dieren als naar mensen (Phillips, 2002). Het hoge aantal arcobacters gedetecteerd in ongezuiverd rioolwater kan mogelijk afkomstig zijn van de instroom van afvalwater afkomstig van de slachthuizen (Stampi *et al.*, 1993). Het gebruik van dit afvalwater in de landbouw kan zo het oppervlaktewater besmetten en de arcobacters over lange afstand verplaatsen (Rice *et al.*, 1999; Zanetti *et al.*, 1996). De route van transmissie via de consumptie van gecontamineerd water wordt vooral gerapporteerd in ontwikkelingslanden met ontoereikende watervoorraden. Niettemin werden er ook arcobacters geïsoleerd uit drinkwatervoorraden in Europa en de Verenigde Staten (Jacob *et al.*, 1996).

Tot besluit blijken arcobacters, in vergelijking tot campylobacters, door hun hogere weerstand tegen uitdroging, hun capaciteit om te groeien in lucht bij lagere temperaturen, door hun lange overlevingstijd in water en door het massaal voorkomen op pluimveeproducten, potentiële bedreigers van de volksgezondheid te kunnen betekenen, waardoor verder onderzoek naar de habitat en de verspreidingsroutes noodzakelijk is.

## REFERENTIES

- Atabay, H.I. and J.E.L. Corry. (1998). Evaluation of a new *Arcobacter* enrichment medium and comparison with two media developed for enrichment of *Campylobacter* spp. *International Journal of Food Microbiology* 41, 53-58.
- Boudreau, M., R. Higgins and K.R. Mittal. (1991). Biochemical and serological characterization of *Campylobacter cryaerophila*. *Journal of Clinical Microbiology* 29, 54-58.
- Collins, C.I., I.V. Wesley and E.A. Murano. (1996). Detection of *Arcobacter* spp. in ground pork by modified plating methods. *Journal of Food Protection* 59, 448-452.
- de Boer, E., J.J.H.C. Tilburg, D.L. Woodward, H. Lior and W.M. Johnson. (1996). A selective medium for the isolation of *Arcobacter* from meats. *Letters of Applied Microbiology* 23, 64-66.
- Dediste, A., A. Aeby, A. Ebraert, L. Vlaes, R. Tridiani, O. Vandenberg, J-M. Devaster, P. Vandamme and J-P. Butzler. (1998). *Arcobacter* in stools: clinical features, diagnosis and antibiotic susceptibility. Proc. of the 9<sup>th</sup> International Workshop in Cape Town, Eds. A.J. Lastovica, D.G. Newell, E.E. Lastovica, Cape Town, September 1997, 436-439.
- Ellis, W.A., S.D. Neill, J.J. O'Brien and J. Hanna. (1978). Isolation of Spirillum-like organisms from pig fetuses. *The Veterinary Record* 102, 106.
- Ellis, W.A., S.D. Neill, J.J. O'Brien, H.W. Ferguson and J. Hanna. (1977). Isolation of Spirillum/Vibrio-like organisms from bovine fetuses. *The Veterinary Record* 100, 451-452.
- Engberg, J., S.L.W. On, C.S. Harrington and P. Gerner-Smidt. (2000). Prevalence of *Campylobacter*, *Arcobacter*, *Helicobacter* and *Sutterella* spp. in human fecal samples as estimated by a reevaluation of isolation methods for campylobacters. *Journal of Clinical Microbiology* 38, 286-291.
- Gill, K.P.W. (1983). Aerotolerant *Campylobacter* strain isolated from a bovine sheath washing. *The Veterinary Record* 112, 459.
- Harmon, K.M. and I.V. Wesley. (1996). Identification of *Arcobacter* isolates by PCR. *Letters of Applied Microbiology* 23, 241-244.
- Harvey, R.B., R.C. Anderson, C.R. Young, M.E. Hume, K.J. Genovese, R.L. Ziprin, L.A. Farrington, L.H. Stanker and D.J. Nisbet. (1999). Prevalence of *Campylobacter*, *Salmonella* and *Arcobacter* species at slaughter in market age pigs. *Advances in Experimental Medical Biology* 473, 237-239.
- Houf, K., L.A. Devriese, L. De zutter, J. Van Hoof and P. Vandamme. (2001a). Development of a new protocol for the isolation and quantification of *Arcobacter* species from poultry products. *International Journal of Food Microbiology* 71, 189-196.
- Houf, K., L.A. Devriese, L. De zutter, J. Van Hoof and P. Vandamme. (2001b). Susceptibility of *Arcobacter butzleri*, *Arcobacter cryaerophilus* and *Arcobacter skirrowii* to antimicrobial agents used in selective media. *Journal of Clinical Microbiology* 39, 1654-1656.
- Houf, K., L. De Zutter, J. Van Hoof and P. Vandamme. (2002a). Assessment of the genetic diversity among arcobacters isolated from poultry products by using two PCR-based typing methods. *Applied and Environmental Microbiology* 68, 2172-2178.
- Houf, K., L. De Zutter, J. Van Hoof and P. Vandamme. (2002b). Occurrence and distribution of *Arcobacter* species in poultry processing. *Journal of Food Protection* 65, 1233-1239.
- Houf, K., L. De Zutter, B. Verbeke, J. Van Hoof and P. Vandamme. (2003). Molecular characterization of *Arcobacter* isolates collected in a poultry slaughterhouse. *Journal of Food Protection* 66, 364-369.
- Houf, K., A. Tutenel, L. De Zutter, J. Van Hoof and P. Vandamme. (2000). Development of a multiplex PCR assay for the simultaneous detection and identification of *Arcobacter butzleri*, *Arcobacter cryaerophilus* and *Arcobacter skirrowii*. *FEMS Microbiology Letters* 193, 89-94.
- Hume, M.E., R.B. Harvey, L.H. stanker, R.E. Droleskey, T. L. Poole and H.Z. Zhang. (2001). Genotypic variation among *Arcobacter* isolates from a farrow-to-finish swine facility. *Journal of Food Protection* 64, 645-651.
- Jacob, J., I. Feuerpfeil and E. Schulze. (1996). PCR-mediated DNA fingerprinting of atypical *Campylobacter* strains isolated from surface and drinking water. *Zentralblatt für Bakteriologie* 285, 106-112.

- Kalman, M., B. Czermann and E. Szöllösy. (1996). *Arcobacter butzleri* strains in Csongrad county and their cytotoxin production in different cell lines. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica* 43, 173.
- Kiehlbauch, J.A., B.D. Plikaytis, B. Swaminathan, D.N. Cameron and I.K. Wachmuth. (1991). Restriction fragment length polymorphisms in the ribosomal genes for species identification and subtyping of aerotolerant *Campylobacter* species. *Journal of Clinical Microbiology* 29, 1670-1676.
- Logan, E.F., S.D. Neill and D.P. Mackie. (1982). Mastitis in dairy cows associated with an aerotolerant *Campylobacter*. *The Veterinary Record* 110, 229-230.
- Mansfield, L.P. and S.J. Forsythe. (2000). *Arcobacter butzleri*, *A. skirrowii* and *A. cryaerophilus* - potential emerging human pathogens. *Reviews in Medical Microbiology* 11, 161-170.
- McClung, C.R., D.G. Patriquin and R.E. Davis. (1983). *Campylobacter nitrofigilis* sp. nov., a nitrogenfixing associated with roots of *Spartina aterniflora* Loisel. *International Journal of Systematic Bacteriology* 33, 605-612.
- Musmanno, R.A., M. Russi, H. Lior and N. Figura. (1997). *In vitro* virulence factors of *Arcobacter butzleri* strains isolated from superficial water samples. *Microbiologica* 20, 63-68.
- Neill, S.D., J.N. Campbell, J.J. O'Brein, S.T.C. Weatherup and W.A. Ellis. (1985). Taxonomic position of *Campylobacter cryaerophila* sp. nov. *International Journal of Systematic Bacteriology* 35, 342-356.
- Neill, S.D., W.A. Ellis and J.J. O'Brien. (1979). Designation of aerotolerant *Campylobacter*-like organisms from porcine and bovine abortions to the genus *Campylobacter*. *Research in Veterinary Science* 27, 180-186.
- On, S.L.W. (1996). Identification methods for campylobacters, helicobacters and related organisms. *Clinical Microbiology Reviews* 9, 405-422.
- On, S.L.W. and B. Holmes. (1991). Reproducibility of tolerance tests that are useful in the identification of *Campylobacter*. *Journal of Clinical Microbiology* 29, 1785-1788.
- On, S.L.W., T.K. Jensen, V. Bille-Hansen, S.E. Jorsal and P. Vandamme. (2002). Prevalence and diversity of *Arcobacter* spp. isolated from the internal organs of spontaneous porcine abortions in Denmark. *Veterinary Microbiology* 85, 159-167.
- Parvanta, von M.F. 1999. *Campylobacter cryaerophila* und *Campylobacter fetus* ssp. *venerealis* verursachte Aborte in niederrheinischen Rinderbetrieben. *Tierärztliche Umschau*. 54, 364-371.
- Phillips, C.A. (2002). *Arcobacter* spp. in food: isolation, identification and control. *Trends in Food Science and Technology* 12, 263-275.
- Rice, E.W., M.R. Rodgers, I.V. Wesley, C.H. Johnson and S.A. Tanner. (1999). Isolation of *Arcobacter butzleri* from ground water. *Letters in Applied Microbiology* 28, 31-35.
- Schroeder-Tucker, L., I.V. Wesley, J.A. Kiehlbauch, D.L. Larson, L.A. Thomas and G.A. Erickson. (1996). Phenotypic and ribosomal RNA characterization of *Arcobacter* species isolated from porcine aborted fetuses. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* 8, 186-195.
- Stampi, S., O. Varoli, F. Zanetti and G. De Luca. (1993). *Arcobacter cryaerophilus* and thermophilic campylobacters in a sewage treatment plant in Italy: two secondary treatments compared. *Epidemiology and Infection* 110, 633-639.
- Thamdrup, B., R. Rossello-Mora and R. Amann. (2000). Microbial manganese and sulfate reduction in Black Sea sediments. *Applied and Environmental Microbiology* 66, 2888-2897.
- Teske, A., P. Sigalevich, Y. Cohen and G. Muyzer G. (1996). Molecular identification of bacteria from a coculture by denaturing gradient gel electrophoresis of 16S ribosomal DNA fragments as a tool for isolation in pure cultures. *Applied and Environmental Microbiology* 62, 4210-4215.
- Vandamme, P. and J. De Ley. (1991). Proposal for a new family: *Campylobacteraceae*. *International Journal of Systematic Bacteriology* 41, 451-455.
- Vandamme, P., E. Falsen, R. Rossau, B. Hoste, P. Segers, R. Tytgat and J. De Ley. (1991). Revision of *Campylobacter*, *Helicobacter* and *Wolinella* taxonomy: emendation of generic descriptions and proposal of *Arcobacter* gen. nov. *International Journal of Systematic Bacteriology* 41, 88-103.
- Vandamme, P., P. Pugina, G. Benzi, R. Van Etterijck, L. Vlaes, K. Kesters, J.P. Butzler, H. Lior and S. Lauwers. (1992a). Outbreak of recurrent abdominal cramps associated with *Arcobacter butzleri* in an Italian school. *Journal of Clinical Microbiology* 30, 2335-2337.
- Vandamme P., M. Vancanneyt, B. Pot, L. Mels, B. Hoste, D. Dewettinck, L. Vlaes, C. Van Den Borre, R. Higgins, J. Hommez, K. Kesters, J.P. Butzler and H. Goossens. (1992b). Polyphasic taxonomic study of the emended genus *Arcobacter* with *Arcobacter butzleri* comb. nov. and *Arcobacter skirrowii* sp. nov., an aerotolerant bacterium isolated from veterinary specimens. *International Journal of Systematic Bacteriology* 42, 344-356.
- Van Driessche E., K. Houf, J. Van Hoof, L. De Zutter en P. Vandamme. (2003). Isolation of *Arcobacter* species out of animal feces. *FEMS Microbiology Letters*, in press.
- Voordouw, G., S.M. Armstrong, M.F. Reimer, B. Fouts, A.J. Telang, Y. Shen and D. Gevertz. (1996). Characterization of 16S rRNA genes from oil field microbial communities indicates the presence of a variety of sulfate-reducing, fermentative, and sulfide-oxidizing bacteria. *Applied and Environmental Microbiology* 62, 1623-1629.
- Wesley, I.V. and A.L. Baetz. (1999). Natural and experimental infections of *Arcobacter* in poultry. *Poultry Science* 78, 536-545.
- Wesley, I.V., A. Baetz and D.J. Larson. (1996). Infection of cesarean-derived colostrum-deprived 1-day-old piglets with *Arcobacter butzleri*, *Arcobacter cryaerophilus* and *Arcobacter skirrowii*. *Infection and Immunity* 64, 2295-2299.
- Wesley, I.V., S.J. Wells, K.M. Harmon, A. Green, L. Schroeder-Tucker, M. Glover and I. Siddique. (2000).

- Fecal shedding of *Campylobacter* and *Arcobacter* spp. in dairy cattle. *Applied and Environmental Microbiology* 66, 1994-2000.
- Wirsen, C.O., S.M. Sievert, C.M. Cavanaugh, S.J. Molyneaux, A. Ahmad, L.T. Taylor, E.F. DeLong and C.D. Taylor. (2002). Characterization of an autotrophic sulfide-oxidizing marine *Arcobacter* sp. that produces filamentous sulfur. *Applied and Environmental Microbiology* 68, 316-325.
- Wybo, I., J. Breynaert, F. Lindenburg, K. Houf, and S. Lauwers. (2003). Isolation of *Arcobacter skirrowii* in a patient with chronic diarrhea. *Clinical Microbiology and Infection* 9, 394S-395S.
- Zanetti, F., S. Stampi, G. De Luca, O. Varoli and E. Tonelli. (1996). Comparative disinfection of secondary-treated sewage with chlorine dioxide and bromide chloride. *Zentralblatt für Hygiene and Umweltmedizin* 198, 567-579.