

# LA CONTAMINAZIONE DA *SALMONELLA* DELLE CARCASSE DI SUINI MACELLATI È CORRELATA AL QUANTITATIVO DI *SALMONELLA* PRESENTE A LIVELLO CIECALE

## THE *SALMONELLA* CONTAMINATION OF SWINE CARCASSES AT SLAUGHTER IS RELATED TO THE AMOUNT OF *SALMONELLA* RECOVERED IN CECUM

DE LUCA S., CUCCO L., MASSACCI F.R., MARESCA C., PANICCIÀ M.,  
SCOCCIA E., STAFFOLANI M. PEZZOTTI G., MAGISTRALI C.F.,

*Istituto Zooprofilattico Sperimentale dell'Umbria e delle Marche, Perugia*

**Parole chiave:** *Salmonella*, suini, contaminazione, carica

**Key words:** *Salmonella*, swine, contamination, load

### Riassunto

Scopo di questo lavoro è stato quello di verificare se il quantitativo di *Salmonella* spp. presente a livello ciecale in suini macellati sia correlato alla contaminazione delle carcasse. Il lavoro è stato condotto in un mattatoio del Centro Italia, e il campionamento è stato calcolato per essere rappresentativo dei suini macellati in una giornata, sulla base di una prevalenza attesa di suini fortemente contaminati (SFC, carica  $\geq 3$  log/g) del 12%, come indicato da uno studio pilota. Le giornate sono state suddivise in 'alta ( $\geq 36\%$ ) o bassa ( $< 36\%$ ) prevalenza' sulla base dei suini positivi per *Salmonella* spp. a livello ciecale e in 'alta ( $\geq 10\%$ ) o bassa ( $< 10\%$ ) carica', a seconda della prevalenza di suini SFC. L'analisi statistica ha permesso di stabilire una correlazione tra il livello di contaminazione della carcasse e la carica di *Salmonella* a livello ciecale dello stesso animale (coefficiente di correlazione di Spearman : 0,2254; p-value=0,0001). Non è stata osservata correlazione tra il livello di contaminazione delle carcasse e la categorizzazione in 'alta prevalenza' della giornata di macellazione, mentre la stessa è stata rilevata con la categorizzazione 'ad alta carica' (p=0,0011). Infine, non si è osservata una correlazione tra il livello di contaminazione ciecale e il sierotipo di *Salmonella* isolato. In conclusione, in questo lavoro la carica di *Salmonella*, e non la prevalenza di suini positivi a livello ciecale, è stata associata al livello di contaminazione delle carcasse.

### Abstract

The aim of this study was to examine the relationship between the amount of *Salmonella* spp in cecal contents and the carcass contamination at slaughter. The study was carried out in a slaughterhouse in Central Italy, and the sampling scheme was designed to be representative of the pigs slaughtered in a day. The expected prevalence of high-contaminated swine (HCS, load  $\geq 3$  log/g) was 12%, based on the results of a pilot study. The sampling days were classified as 'high or low prevalence' days, depending on the proportion of cecal contents resulted positive for *Salmonella* spp. and in 'high and low load' depending on the prevalence of HCS. Statistical analysis revealed a correlation between the contamination level of carcasses and the cecal *Salmonella* loads of the same animal (Spearman' correlation coefficient: 0,2254; p-value=0,0001). No correlation was found between the contamination of carcasses and the categorization of the day of sampling as 'high prevalence day'. Conversely, a correlation was found between the contamination of carcasses and the 'high load' category of the sampling day (p=0,0011). No correlation was shown between the amount of the *Salmonella* spp. recovered in cecum and the belonging serotype. In this study, the *Salmonella* load in cecum and not the prevalence of *Salmonella* positive caeca, was correlated to the contamination of carcasses.

## INTRODUZIONE

Con 92916 casi registrati in tutta Europa, di cui 1453 in Italia, la salmonellosi si è confermata essere una delle più importanti tossinfezioni di origine alimentare (EFSA, 2014). La carne suina e i prodotti derivati sono considerati tra le principali fonti di salmonellosi umana (Hald *et al.*, 2003).

La presenza di *Salmonella* spp. sulle carcasse e nelle carni suine è associata a fenomeni di contaminazione e di cross-contaminazione che avvengono durante la macellazione (Nauta *et al.* 2013). I fattori di rischio legati a tale evento sono tuttavia diversi, creando un quadro complesso in cui non è facile riconoscere il ruolo svolto da ogni singolo fattore. La contaminazione delle carcasse, infatti, dipende dallo stato sanitario dei suini durante l'ingrasso (Duggan *et al.*, 2010), dall'allevamento di provenienza, ma anche dalla durata del trasporto e dall'eventuale periodo trascorso nelle stalle di sosta. Queste ultime costituiscono infatti una fonte di stress per gli animali e una possibilità di trasmissione dell'infezione (Rostagno *et al.*, 2003; O'Connor *et al.*, 2006; Boughton *et al.*, 2007; Magistrali *et al.*, 2008).

I suini portatori possono quindi contaminare l'ambiente di macellazione; *Salmonella* spp. può infatti contaminare la stessa carcassa, altre carcasse macellate nella medesima giornata (cross contaminazione) o l'ambiente. Nell'ambiente di macellazione, *Salmonella* spp. può divenire parte della flora residente, anche contaminando le attrezzature automatiche dove può persistere, (van Hoek *et al.*, 2012) anche per la difficoltà di effettuare una efficace decontaminazione (Smid *et al.*, 2014).

Come già affermato, lo stato sanitario dei suini è importante in quanto i suini portatori asintomatici rappresentano una fonte costante di *Salmonella* per tutta la catena produttiva (Boyen *et al.*, 2008). La maggior parte dei lavori finora condotti si limitano prevalentemente a valutazioni di tipo qualitativo e sono pochi quelli in cui vengono raccolti ed esaminati dati di tipo quantitativo, inoltre alcuni di questi sono riferiti a realtà in cui le prevalenze di *Salmonella* sono molto diverse da quelle italiane. Ad esempio, in uno studio realizzato da van Hoek *et al.* (2012) sono stati raccolti dati quantitativi a partire da tamponi rettali e il numero medio di *Salmonella* era  $1,88 \pm 1,42 \log g^{-1}$ . In un recente lavoro condotto in Danimarca, solo il 2,6% dei contenuti ciecali era positivo e solo lo 0,18% superava le 670 UFC (Nauta, 2013). Tuttavia, una corretta stima del rischio correlato alla contaminazione da *Salmonella* necessita di dati di carattere quantitativo, in quanto tale rischio non è legato solamente alla presenza/assenza del batterio, ma anche alla carica batterica associata (Pires *et al.*, 2013).

Scopo del seguente lavoro è stato di valutare una possibile correlazione tra la carica di *Salmonella* spp. riscontrata a livello ciecale e quella presente a livello di carcasse. Per valutare l'impatto dei fenomeni di cross-contaminazione, sono stati anche presi in esame i valori riferiti ad ogni giornata di macellazione.

## MATERIALE E METODI

### Campionamento

L'indagine è stata svolta da Aprile a Novembre 2014 in un mattatoio del centro Italia a cui afferivano suini provenienti dall'intero territorio nazionale.

La numerosità campionaria è stata calcolata per stimare la prevalenza di suini che presentavano una carica di *Salmonella* a livello ciecale maggiore o uguale a 1000 batteri/grammo (suini fortemente contaminati, 'SFC') per giornata di macellazione. Il numero di animali campionati è stato rappresentativo del numero dei suini macellati nel corso della giornata in cui si è effettuato il campionamento. Si è considerato un livello di confidenza (L.C.) del 95%, tenendo in considerazione una prevalenza attesa del 12% di SFC e una precisione considerata del 10%. Il livello di prevalenza attesa è stato calcolato sulla base degli esiti di un progetto pilota. Presso l'ambiente di macellazione, per ogni giornata di macellazione, sono stati prelevati dei campioni

ambientali prima dell'introduzione degli animali.

In ciascuna giornata di macellazione, i suini oggetto di prelievo sono stati selezionati mediante randomizzazione semplice. Per ciascun animale è stato effettuato contemporaneamente sia un prelievo di contenuto ciecale che un tampone della carcassa.

Il campionamento della carcassa è avvenuto in ogni caso prima del lavaggio finale. Il prelievo è stato effettuato in base a quanto previsto dalla Norma UNI EN ISO 17604:2003/E, in cinque punti diversi (arto posteriore distale, coscia, addome laterale-pancetta, regione media dorsale e addome mediale), per ciascuna mezzena, utilizzando una mascherina monouso, per una superficie totale di 1000 cm<sup>2</sup> circa.

Sulla base degli esiti analitici della contaminazione ciecale, i suini sono stati suddivisi in due categorie, ad alta (MPN  $\geq$ 1000) e a bassa contaminazione (MPN < 1000).

Quindi, le giornate di macellazione sono state categorizzate in base alla prevalenza di suini ad alta contaminazione, in giornate a bassa prevalenza (<10%) e ad alta prevalenza (>10%).

Infine, le giornate di macellazione sono state categorizzate anche sulla base del numero complessivo di suini che presentavano un contenuto ciecale positivo per *Salmonella*, in questo caso il livello di prevalenza soglia è stato fissato al 36%, sulla base di un dato bibliografico (Bonardi *et al.*, 2003).

### **Isolamento batterico**

La ricerca di *Salmonella* spp. è stata effettuata attraverso una tecnica miniaturizzata secondo le norme ISO/TS 6579-2:2012/A1 che fornisce un metodo per la numerazione di *Salmonella* spp. mediante calcolo del *most probable number* (MPN).

Le colonie sospette sono state confermate biochimicamente (Api Rapid 20E, bioMérieux) e sierologicamente (*Salmonella* test sera omnivalent/ polyvalent, Siemens).

Il calcolo dell'MPN è stato effettuato in base a quanto descritto dalla norma ISO 7218:2007/E.

### **Tipizzazione sierologica**

La caratterizzazione sierologica dei ceppi di *Salmonella* spp. è stata eseguita secondo lo schema di Kauffmann-White-Le Minor (Popoff, 2003).

### **Analisi statistica**

Sono stati esclusi dall'analisi statistica gli isolati da contenuto ciecale (N=5) e da carcassa (N=5), afferenti a 2 giornate di macellazione su 7 totali, i quali presentavano lo stesso sierotipo rinvenuto a livello ambientale. L'analisi statistica è stata effettuata per 4 obiettivi, elencati dalla lettera A alla lettera D:

A) verificare l'esistenza di una correlazione tra la carica di *Salmonella* presente a livello ciecale e la carica riscontrata sulle carcasse corrispondenti. Tali dati sono stati analizzati tramite l'indice di correlazione R per ranghi di Spearman.

B) verificare possibili differenze in termini di contaminazione delle carcasse tra giornate a bassa ed alta carica di suini fortemente contaminati ( $\geq$ 3log/g). I dati sono stati analizzati tramite test di Wilcoxon.

C) verificare possibili differenze in termini di contaminazione delle carcasse, tra giornate a bassa ed alta prevalenza. I dati sono stati analizzati tramite il chi-quadrato di Pearson, e la forza dell'associazione è stata valutata tramite l'Odds Ratio (OR).

D) verificare una possibile correlazione tra i sierotipi e il valore MPN delle feci. Sono stati utilizzati l'ANOVA ad un fattore e il test di Bonferroni per valutare le differenze tra sierotipi ed il test di Wilcoxon, per valutare la frequenza dei sierotipi, classificandoli in alta (>10%) e bassa (<10%) frequenza.

Per tutti i test statistici è stato posto un livello di significatività pari a  $p \leq 0,05$ .

## RISULTATI

Al fine di escludere i campioni in cui la presenza di *Salmonella* sulla carcassa fosse riferibile a contaminazione ambientale, sono stati eliminati 10 campioni positivi in cui l'esito della sierotipizzazione indicava uno stesso sierotipo riscontrato nella medesima giornata a livello ambientale.

I campioni totali risultati analizzati sono stati 602 di cui 301 erano i campioni di contenuto ciecale, 103 dei quali positivi, pari al 34,2%, e 301 erano i campioni di tamponi carcassa di cui 17 positivi, pari al 5,64. Infine, erano 59 i tamponi ambientali, 7 dei quali positivi, pari al 8,8% (tabella 1).

**Tabella 1:** Esito dell'esame batteriologico per *Salmonella* spp. nelle diverse matrici esaminate. Tra parentesi, il valore percentuale.

**Table 1:** Overview of results from carcasses, cecal contents and environmental swabs, divided according to test results (%).

| MATRICE            | NEGATIVI      | POSITIVI      | TOTALE       |
|--------------------|---------------|---------------|--------------|
| CONTENUTO CIECALE  | 198<br>(65,8) | 103<br>(34,2) | 301<br>(100) |
| TAMPONE CARCASSA   | 284<br>(94,4) | 17<br>(5,6)   | 301<br>(100) |
| TAMPONE AMBIENTALE | 52<br>(91,2)  | 7<br>(8,8)    | 59<br>(100)  |

L'analisi dei dati inerenti il primo obiettivo, ovvero valutare l'eventuale correlazione tra la presenza di *Salmonella* a livello ciecale e la corrispettiva contaminazione della carcassa, ha inizialmente previsto l'utilizzo del test di Shapiro-Wilk al fine di individuare il tipo di distribuzione dei dati. La distribuzione non è risultata essere normale e la correlazione è stata effettuata tramite l'indice di correlazione R di Spearman. Considerando tutti in campioni (n.301), sia negativi che positivi, il coefficiente di correlazione di Spearman è risultato essere pari a 0,2254 con il relativo p-value significativo, pari a 0,0001, indicando così che c'è una correlazione, anche se debole, e che i valori dei contenuti ciecali e delle carcasse non sono indipendenti. La correlazione è risultata essere significativa anche valutando solo i campioni positivi (n.103), con un p-value pari a 0,0119 ed un coefficiente di 0,2470. E' dunque possibile concludere che la presenza di *Salmonella* a livello ciecale ha un effetto diretto sulla contaminazione delle carcasse. Il test di Shapiro-Wilk è stato utilizzato anche per verificare la distribuzione dei dati inerenti il secondo obiettivo, che prevedeva di valutare l'esistenza di una possibile correlazione in termini di contaminazione delle carcasse tra le diverse giornate di macellazione, divise tra giornate ad 'alta (>10%) e bassa (<10%) carica' prendendo in esame unicamente i suini positivi fortemente contaminati, (SFC= $\geq 3 \log/g$ ); anche in questo caso i dati non si distribuivano normalmente ed è stato utilizzato il test di Wilcoxon considerando significativo un p-value  $\leq 0,05$ .

La categorizzazione dei giorni ha individuato 3 giornate ad alta carica e 4 a bassa carica. Ed i corrispettivi valori di MPN sono stati utilizzati per effettuare l'analisi univariata. Sono state effettuate due analisi ed entrambe sono risultate essere significative: nella prima sono state considerate tutte le carcasse sia negative che positive (p=0,0011), invece nella seconda solo i campioni positivi (p=0,0209) (tabella 2). E' quindi possibile concludere che la prevalenza di suini ad alta contaminazione influenza la presenza di *Salmonella* sulle carcasse.

**Tabella 2:** Distribuzione dei campioni in base ai risultati nelle giornate di macellazione ad alta e bassa carica. Tra parentesi il valore percentuale.

**Table 2:** Distribution of samples from 'high load' and 'low load' days of slaughter (%).

| Categoria della giornata | Tamponi carcassa: esito ricerca <i>Salmonella</i> |                | TOTALE       |
|--------------------------|---|----------------|--------------|
|                          | POSITIVI  | NEGATIVI       |              |
| ALTA CARICA              | 14<br>(10,6)                                      | 118<br>(89,4)  | 132<br>(100) |
| BASSA CARICA             | 3<br>(1,77)                                       | 166<br>(98,23) | 169<br>(100) |

L'analisi dei dati legati al terzo obiettivo, in seguito alla categorizzazione delle giornate di macellazione ad alta ( $\geq 36\%$ ) e bassa ( $< 36\%$ ) prevalenza tenendo in considerazione tutti i suini positivi per *Salmonella* a livello ciecale (tabella 3), ha previsto l'utilizzo del chi-quadrato di Pearson ( $p\text{-value} \leq 0,05$ ) come test statistico per valutare le differenze tra le due categorie. In questo caso è risultato che non vi era alcuna differenza tra le giornate di macellazione ( $p=0,7970$ ), inoltre l'OR risulta essere pari a 0,88 (IC95%:0,28-2,64).

**Tabella 3:** Distribuzione dei campioni in base ai risultati nelle giornate ad alta e bassa prevalenza. Tra parentesi il valore percentuale.

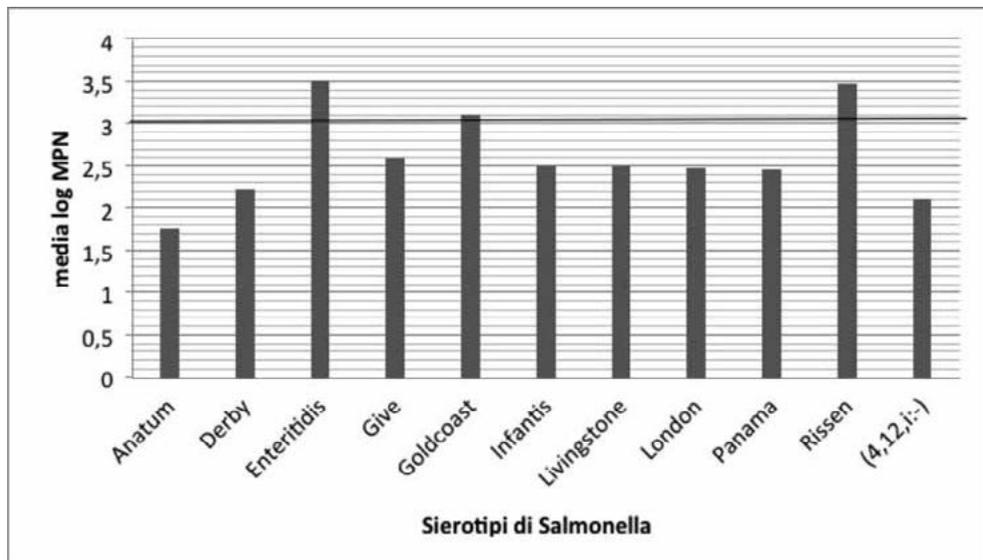
**Table 3:** Distribution of samples based on test results in 'high prevalence' and 'low prevalence' days (%).

| Categoria della giornata | Tamponi carcassa: esito ricerca <i>Salmonella</i> |                | TOTALE       |
|--------------------------|---|----------------|--------------|
|                          | POSITIVI  | NEGATIVI       |              |
| ALTA PREVALENZA          | 7<br>(5,26)                                       | 126<br>(94,74) | 133<br>(100) |
| BASSA PREVALENZA         | 10<br>(5,95)                                      | 158<br>(94,05) | 168<br>(100) |

I dati legati al quarto obiettivo sono stati esaminati tramite due analisi differenti: al fine di valutare le differenze tra i sierotipi di *Salmonella*, è stata effettuata un'analisi mediante ANOVA ad un fattore e con il test di Bonferroni è stato verificato quali fossero i gruppi interessati, mentre, per determinare se ci fosse una differenza statisticamente significativa tra sierotipi isolati con una bassa frequenza ( $< 10$ ) e sierotipi isolati con un'alta frequenza ( $\geq 10$ ), è stata effettuata un'analisi con il test di Shapiro-Wilk per valutare la distribuzione dei dati e il test di Wilcoxon una volta determinato che i dati non avessero una distribuzione normale. L'analisi effettuata tramite ANOVA non ha determinato alcuna differenza statisticamente significativa tra i sierotipi ( $p=0,9931$ ), così come il test di Wilcoxon non è risultato essere significativo ( $p=0,4940$ ). Si può dunque affermare che non c'è alcuna correlazione diretta tra i sierotipi e la concentrazione di *Salmonella* a livello ciecale, dunque non vi sono sierotipi capaci di conferire una contaminazione maggiore a livello ciecale rispetto ad altri; inoltre, si può affermare che non vi sono differenze tra sierotipi con alta e bassa prevalenza (grafico 1).

**Grafico 1:** Diagramma a barre che illustra la distribuzione dei sierotipi di *Salmonella* spp. in relazione alla media logaritmica in MPN.

**Graph 1:** Bar chart showing the logarithmic average in MPN for each *Salmonella* spp. serotype.



## DISCUSSIONI E CONCLUSIONI

La contaminazione da *Salmonella* delle carcasse di suino al macello è legata a una serie di fattori, tra cui ad esempio il numero di suini portatori all'ingresso, le modalità di macellazione, la quantità di suini macellati e il peso delle carcasse (Marier *et al.*, 2014). In questo contesto è spesso difficile correlare uno specifico fattore con un aumento del rischio di contaminazione delle carcasse.

Nel corso del presente studio, la contaminazione delle carcasse è risultata essere dipendente dal livello di contaminazione rilevato a livello ambientale, confermando l'ipotesi che il macello possa costituire un'importante fonte di *Salmonella* spp. per la carcassa (Hald *et al.*, 2003).

Tuttavia, l'analisi dei dati ha consentito di evidenziare una correlazione, se pur debole, tra il quantitativo di *Salmonella* presente a livello ciecale e il grado di contaminazione della carcassa dello stesso animale, come già rilevato da altri autori (Nauta *et al.*, 2013).

La seconda ipotesi presa in esame nel corso di questo lavoro è che un suino fortemente contaminato non costituisca un rischio solo per la propria carcassa, ma attraverso un processo di cross contaminazione e di contaminazione delle strutture, interessi anche altri animali macellati nella medesima giornata. Questa ipotesi è stata formulata sulla base di dati riportati in letteratura (Brends *et al.*, 1996, 1997; van Hoek *et al.*, 2012; Nauta *et al.*, 2013).

Per questo motivo oltre alla analisi dei singoli animali, è stato valutato anche il dato complessivo della giornata di macellazione. Il livello di contaminazione delle carcasse non è risultato dipendere dalla prevalenza di suini positivi per *Salmonella*, ma è risultato correlato al numero di suini che presentavano un'elevata carica di *Salmonella* a livello ciecale. In letteratura il quantitativo di *Salmonella* escreto dagli animali è stato correlato a numerosi fattori, tra i quali il sierotipo in esame, il tempo decorso dalla infezione, le difese immunitarie dell'ospite e la composizione del microbiota intestinale residente (Pieper *et al.* 2009; Pires *et al.*, 2014; Smid *et al.*, 2014).

Nel corso del presente lavoro tuttavia, non è stato possibile dimostrare una correlazione tra il sierotipo in esame e la carica di *Salmonella* spp. a livello ciecale.

I dati raccolti nel corso di questo lavoro sembrano quindi confermare l'ipotesi già avanzata da alcuni autori secondo i quali il dato qualitativo non sia di per sé sufficiente a motivare un rischio di contaminazione della carcassa, e che la quantità di *Salmonella* presente a livello ciecale possa avere una maggiore influenza sul grado di contaminazione delle carni (Nauta *et al.*, 2013). In quest'ottica, le misure di controllo per *Salmonella* lungo nella filiera suina dovrebbero essere focalizzate anche alla riduzione di suini altamente contaminati.

## **BIBLIOGRAFIA**

Anonymous. EN ISO 17604:2003/E “*Microbiology of food and animal feeding stuffs – Carcass sampling for microbiological analysis*” ISO 17604:2003/E

Anonymous. EN ISO 6579:2012/A1. “*Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the detection of Salmonella spp. – Amendment 1: Annex D: Detection of Salmonella spp. in animal faeces and in environmental samples from the primary production stage*” ISO/TS 6579-2/2012(E)

Anonymous. EN ISO 7218:2007/E. “*Microbiology of food and animal feeding stuffs – General requirements and guidance for microbiological examinations*” ISO 7218:2007(E)

Berends B.R., Urlings H.A., Snijders J.M., Van Knapen F. (1996) “*Identification and quantification of risk factors in animal management and transport regarding Salmonella spp. in pigs*”. Int J Food Microbiol.30(1-2):37-53

Berends B.R., Van Knapen F., Snijders J.M., Mossel D.A. (1997) “*Identification and quantification of risk factors regarding Salmonella spp. on pork carcasses*”. Int J Food Microbiol. 36(2-3):199-206

Bonardi S, Pizzin G, Lucidi L, Brindani F, Paterlini F, Tagliabue S. (2003) “*Isolation of Salmonella enterica from slaughtered pigs*”. Vet Res Commun. 27 Suppl. 1:281-3

Boughton C, Egan J, Kelly G, Markey B, Leonard N. (2007) “*Quantitative examination of Salmonella spp. in the lairage environment of a pig abattoir*”. Foodborne Pathog Dis. 4(1):26-32

Boyen F, Haesebrouck F, Maes D, Van Immerseel F, Ducatelle R, Pasmans F. (2008) “*Non-typhoidal Salmonella infections in pigs: a closer look at epidemiology, pathogenesis and control*”. Vet Microbiol. 130(1-2):1-19

Duggan SJ, Mannion C, Prendergast DM, Leonard N, Fanning S, Gonzales-Barron U, Egan J, Butler F, Duffy G. (2010) “*Tracking the Salmonella status of pigs and pork from lairage through the slaughter process in the Republic of Ireland.*” J Food Prot.;73(12):2148-60

EFSA (European Food Safety Authority) and ECDC (European Centre for Disease Prevention and Control), 2014. “*The European Union Summary Report on Trends and Sources of Zoonoses, Zoonotic Agents and Food-borne Outbreaks in 2012*”. EFSA Journal 2014;12(2):3547

- Hald T., Wingstrand A., Swanenburg M., von Altrock A., Thorberg BM. (2003) “*The occurrence and epidemiology of Salmonella in European pig slaughterhouses.*” *Epidemiol Infect.* 131(3):1187-203
- Magistrali C, Dionisi AM, De Curtis P, Cucco L, Vischi O, Scuota S, Zicavo A, Pezzotti G. (2008) “*Contamination of Salmonella spp. in a pig finishing herd, from the arrival of the animals to the slaughterhouse.*” *Res Vet Sci.* 85(2):204-7
- Marier E.A., Snow L.C., Floyd T., McLaren I.M., Bianchini J., Cook A.J., Davies R.H. (2014) “*Abattoir based survey of Salmonella in finishing pigs in the United Kingdom 2006-2007.*” *Prev Vet Med.* 1;117(3-4):542-53
- Nauta M., Barfod K., Hald T., Sorensen A.S., Emborg H. D., Aabo S. (2013) “*Prediction of Salmonella carcass contamination by a comparative quantitative analysis of E. coli and Salmonella during pig slaughter.*” *International Journal of Food Microbiology,* 166: 231-237
- O’Connor AM, Gailey J, McKean JD, Hurd HS. (2006). “*Quantity and distribution of Salmonella recovered from three swine lairage pens.*” *J Food Prot* 69(7):1717-9
- Pieper R, Bindelle J, Rosnagel B, Van Kessel A, Leterme P. (2009) “*Effect of carbohydrate composition in barley and oat cultivars on microbial ecophysiology and proliferation of Salmonella enterica in an in vitro model of the porcine gastrointestinal tract.*” *Appl Environ Microbiol.* 2009;75:7006–7016
- Pires A.F.A., Funk J.A., Lim A., Bolin S.R. (2013) “*Enumeration of Salmonella in feces of naturally infected pigs.*” *Foodborne Pathogens and Disease,* 10(11):933-7
- Pires A.F., Funk J.A., Bolin C. (2014) “*Risk factors associated with persistence of Salmonella shedding in finishing pigs.*” *Prev Vet Med.* 116(1-2):120-8
- Popoff M.Y., Le Minor L. (2001) “*Antigenic Formulas of the Salmonella Serovars.*” (8th revision)WHO Collaborating Centre for Reference and Research on *Salmonella*, Institut Pasteur, Paris
- Rostagno MH, Hurd HS, McKean JD, Ziemer CJ, Gailey JK, Leite RC. (2003) “*Preslaughter holding environment in pork plants is highly contaminated with Salmonella enterica.*” *Appl Environ Microbiol.* 69(8):4489-94
- Smid JH, van Hoek AH, Aarts HJ, Havelaar AH, Heres L, de Jonge R, Pielaat A. (2014) “*Quantifying the sources of Salmonella on dressed carcasses of pigs based on serovar distribution.*” *Meat Sci.* 96(4):1425-31
- van Hoek AH, de Jonge R, van Overbeek WM, Bouw E, Pielaat A, Smid JH, Malorny B, Junker E, Löfström C, Pedersen K, Aarts HJ, Heres L. (2012) “*A quantitative approach towards a better understanding of the dynamics of Salmonella spp. in a pork slaughter-line.*” *Int J Food Microbiol.* 153(1-2):45-52