



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE E TECNOLOGIE ALIMENTARI

MALATTIE DI ORIGINE ALIMENTARE
LEGATE AL CONSUMO DI CARNE ROSSA
E DEI SUOI DERIVATI

TIPO TESI: (compilativa)

FOOD-BORNE ILLNESSES RELATED TO THE
CONSUMPTION OF RED MEAT AND ITS
PRODUCTS

Studente:
GIACOMO MERCORELLI

Relatore:
PROF. ANDREA OSIMANI

ANNO ACCADEMICO 2022-2023

A nonna Emilia
che ha sempre creduto in me sin dall'inizio,
incoraggiandomi per questa nuova "partenza universitaria"

ELENCO DELLE TABELLE.....	4
ACRONIMI E ABBREVIAZIONI.....	5
INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI.....	6
CAPITOLO 1 RISULTATI	9
1.1 Impianti alimentari causa di contaminazione	9
1.2 Veicoli alimentari.....	9
1.3 Agenti eziologici (patogeni di origine alimentare).....	10
1.4 Fattori contribuenti.....	10
CAPITOLO 2 DISCUSSIONE.....	11
2.1 Impianti alimentari causa di contaminazione o origine dell'agente infettivo (patogeni)	11
2.2 Alimenti maggiormente incriminati nei focolai.....	24
2.3 Patogeni di origine alimentare (batteri, virus e parassiti) che causano la maggior parte delle malattie	26
2.3.1 Agente eziologico e tipo di carne	26
2.3.2 Salmonella	27
2.3.3 E. coli	27
2.3.4 Clostridium	28
2.4 Fattori che contribuiscono ai focolai segnalati	29
CONCLUSIONI	30
BIBLIOGRAFIA	32
RINGRAZIAMENTI.....	47

ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 1 Riepilogo descrittivo ed elenco di citazioni di ciascun rapporto sui focolai indagati.....	12
Tabella 2 Classificazione degli impianti alimentari segnalati associati a focolai di malattie di origine alimentare.	12
Tabella 3 La proporzione di focolai, malattie, ricoveri e decessi associati ai diversi tipi di carne.....	12
Tabella 4 Classificazione dei veicoli alimentari associati a focolai di malattie di origine alimentare..	12
Tabella 5 La proporzione di focolai, malattie, ricoveri e decessi associati ai diversi agenti eziologici... ..	12
Tabella 6 Proporzione dell'agente eziologico associato al tipo/specie di carne.....	12

ACRONIMI E ABBREVIAZIONI

OSA	Operatore del settore alimentare.
FSA	Food Standard Agency
<i>E. COLI</i>	<i>Escherichia coli</i>
GMP	Good manufacturing practice (norme di buone prassi di fabbricazione).
USA	United States of America (Stati Uniti d'America)
SUE	Sindrome uremica-emolitica
N.	Numero
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura)
UE	Unione Europea
EFSA	European Food Safety Authority (Autorità europea per la sicurezza alimentare)
<i>C. PERFRINGENS</i>	<i>Clostridium perfringens</i>

INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI

Gli incidenti di sicurezza alimentare all'interno dell'industria della carne rossa rappresentano una grave minaccia per la salute pubblica in quanto continuano ad essere una preoccupazione diffusa globalmente (Shang e Tonsor, 2017). Questi incidenti potrebbero verificarsi sotto forma di contaminazione alimentare, che si verifica prevalentemente durante la lavorazione, distribuzione, vendita al dettaglio o ristorazione (FSA, 2020), e potrebbero potenzialmente portare a focolaio(i) di malattie di origine alimentare.

Gli incidenti di sicurezza alimentare potrebbero potenzialmente portare ad un prodotto alimentare ritirato o richiamato e a misure di prevenzione del rischio adottate presso lo stabilimento(i) alimentare coinvolto a seguito di indagini da parte delle autorità responsabili (Robertson et al., 2016). Un unico incidente di sicurezza alimentare, come un focolaio di malattia di origine alimentare, può avere conseguenze molto gravi, con perdite di vite umane e di imprese (Hussain e Dawson, 2013).

Problemi più gravi di sicurezza alimentare, problemi di salute dei consumatori, costosi richiami e ritiri di prodotti dalla catena di approvvigionamento alimentare di prodotti a base di carne potenzialmente contaminati sono associati a pericoli microbiologici, in particolare batteri patogeni (Sofos, 2008).

Sebbene vari alimenti possano essere fonte di malattie di origine alimentare, la letteratura suggerisce che la carne e i prodotti a base di carne sono fonti importanti di infezioni umane (Närrung et al., 2009). Diversi studi sui focolai hanno indicato la carne rossa quale il manzo, maiale e prodotti derivati come principale fonte (Belanger et al., 2015; Bryan, 1980; Jeffer et al., 2021; Omer et al., 2018). Ad esempio, il US Department of Agriculture's Food Safety and Inspection Service (FSIS) ha indagato sui focolai di malattia di origine alimentare associati ai prodotti a base di carne e pollame - dal 2007 fino al 2012. Dall'inchiesta sono stati individuati 163 focolai, associati a 4132 malattie, 772 ricoveri e 19 decessi. Inoltre, il rapporto ha rivelato che 105 focolai erano collegati a prodotti di carne bovina cruda venduti commercialmente (Robertson et al., 2016). Analogamente, il Centres for Disease Control and Prevention (CDC) riferisce che le malattie di origine alimentare, la maggior parte delle quali

legate al consumo di carne e prodotti a base di carne, provocano 48 milioni di persone ammalate, 128.000 ricoveri e 3000 morti ogni anno negli Stati Uniti (CDC, 2011).

Nel 2012, l'Alberta Health Services, Canada, ha segnalato un focolaio di infezione da *Escherichia coli* O157:H7 collegato al consumo di bistecche di manzo, intenerite meccanicamente attraverso l'utilizzo di aghi, prodotte con carne bovina proveniente da un impianto di carne in Alberta e acquistato in un negozio a Edmonton, Alberta (Helmuth et al., 2019). Di conseguenza, l'incredibile cifra di 4000 tonnellate di prodotti di carne bovina è stata richiamata per controllare l'epidemia, rendendolo così il più grande richiamo di carne bovina nella storia canadese (Helmuth et al., 2019).

Un altro studio riporta che circa 1060 persone si sono ammalate, e 216 sono morte, tra il 2017 e il 2018, nella più grande epidemia registrata di *Listeria monocytogenes* ST6 collegata al consumo di prodotti trasformati a base di carne provenienti da una delle più grandi aziende alimentari in Sud Africa. L'impatto di questo incidente sulla sicurezza alimentare è stato catastrofico, con conseguente riduzione significativa della fiducia dei consumatori in Sud Africa (Smith et al., 2019).

Le conseguenze di questi incidenti hanno un più ampio impatto socioeconomico al di là dei consumatori interessati. I costi finanziari per l'industria alimentare e l'economia di stato possono anche essere sostanziali, in particolare per richiami di prodotti, restrizioni commerciali, controversie e perdite di quote di mercato dovuti a focolai su larga scala (Limon et al., 2020). Questo fatto è stato corroborato da un altro studio che conclude che il costo stimato di incidenti di sicurezza alimentare per l'economia degli Stati Uniti è di circa \$7 miliardi all'anno derivati da notifiche ai consumatori, rimozione di alimenti dagli scaffali, e il pagamento dei danni a seguito di cause legali (Hussain e Dawson, 2013).

È interessante notare che non tutti gli incidenti di sicurezza alimentare provocano focolai di malattie. Tuttavia, la chiave è che ci devono essere preoccupazioni circa la sicurezza del prodotto alimentare che possano richiedere un intervento per proteggere gli interessi dei consumatori.

Tali preoccupazioni potrebbero essere reali, potenziali o sotto forma di rischi percepiti associati al consumo di alimenti (FSANZ, 2021). Ad esempio, uno stabilimento di macellazione e di sezionamento di carne nel nord del Regno Unito è stato perseguito e multato per un totale di £ 266.000. Il processo è stato causato da un incidente nello stabilimento quando la Food Standard Agency (FSA) ha individuato carenze da parte dell'operatore del settore alimentare (OSA) per garantire la rimozione di parti specifiche

degli animali, richiesto dalla legge, denominate “*Specified Risk Material (SRM)*” (FSA, 2019).

In un evento simile, un altro impianto di lavorazione della carne con sede nelle Midlands nel Regno Unito è stato perseguito e multato per oltre £ 250.000. L'incidente di sicurezza alimentare, in questo caso, ha coinvolto l'OSA che ha rimosso la carne che la FSA aveva precedentemente detenuto perché sospettata di rischio di contaminazione con potenziale danno alla salute (FSA, 2019).

Considerate le gravi conseguenze degli incidenti di sicurezza alimentare legati alla carne rossa e il suo impatto sugli individui e le imprese, è indispensabile ottenere la comprensione dei fattori contribuenti e delle cause alla base di questi episodi per aiutare a sviluppare strategie di mitigazione del rischio e contromisure. Tuttavia, questo elaborato di tesi si concentra sui focolai. Per valutare le caratteristiche critiche e le relative conseguenze di questi incidenti, verrà riportata una rassegna di rapporti di indagine pubblicati e ufficialmente riferiti a casi di malattie di origine alimentare dovuti al consumo di carni rosse e suoi prodotti. Il presente lavoro di tesi evidenzia i veicoli alimentari e le relative specie animali coinvolte nelle epidemie, i patogeni di origine alimentare (batteri, virus e parassiti) che causano le malattie e identifica i fattori che contribuiscono a questi focolai.

Capitolo 1

RISULTATI

La Tabella 1 mostra la sintesi descrittiva e l'elenco delle citazioni di ciascun focolaio indagato segnalato in specifici articoli di riviste (Warmate e Onarinde, 2023).

1.1 Impianti alimentari causa di contaminazione

La Tabella 2 presenta la classificazione dei contesti di trasmissione associati a focolai di malattie di origine alimentare riportati nella letteratura scientifica. Dei 101 focolai, la maggior parte è stata collegata a stabilimenti di lavorazione della carne, 42 (42,4 %), seguiti dagli ambienti domestici, 25 (24,9 %), che hanno provocato il 67,4 % dei focolai totali segnalati. Il restante 32,7% dei focolai si è verificato nelle altre cinque categorie di stabilimenti segnalate (Warmate e Onarinde, 2023).

1.2 Veicoli alimentari

La Tabella 3 presenta la proporzione di focolai segnalati, malattie, ospedalizzazione e decessi associati ai diversi tipi di carne/specie. Il manzo e il maiale sono stati segnalati come il tipo/la specie di carne rossa più frequentemente associata a focolai, con il manzo (1077 o 62,35%) al primo posto, seguito dal maiale (555 o 32,1%) e da specie miste di carne (33 o 1,9 %). Complessivamente, il consumo di carne bovina e dei suoi prodotti ha provocato più malattie (23.907 o 57,7%), ricoveri (5324 o 49,8%), e morti (4792 o 47,6%) rispetto al consumo di carne suina e suoi derivati.

Il consumo di carne di maiale ha provocato 14.977 o il 36,1% di malattie, 4886 o il 45,7% di ricoveri e 4727 o il 47,7% di morti. Tuttavia, il rapporto carne di manzo:carne di maiale nel numero di focolai è di circa 2:1, che scende a circa 1,5:1 per il numero di casi e quasi 1:1 per ricoveri e decessi. Pertanto, la carne di maiale sembra causare un maggior numero di casi e una malattia più grave all'interno di un focolaio medio.

La Tabella 4 presenta una classificazione dei diversi veicoli alimentari (prodotti) derivati dai diversi tipi/specie di carne rossa (Warmate e Onarinde, 2023).

1.3 Agenti eziologici (patogeni di origine alimentare)

Nella Tabella 5 è mostrata la proporzione di focolai, malattie, ricoveri e decessi segnalati associati ai diciotto patogeni di origine alimentare identificati. La maggior parte delle epidemie è stata segnalata come causata da *Salmonella* (469 o 27,1%), seguita da *E. coli* (414 o 23,9%) e poi da *Clostridium* (294 o 17%). Allo stesso modo, *Salmonella* è stata associata a più malattie o casi di epidemia (13.469 o 32,5 %), ricoveri (4349 o 40,7 %) e decessi (3826 o 38 %) rispetto a tutti gli altri agenti patogeni. A questo fanno seguito *E. coli* e *Clostridium*.

La Tabella 6 rivela che *Clostridium* è più associato alla carne bovina e ai suoi prodotti derivati (209 o 71,1%) seguito dalla carne suina (80 o 27,2%). Anche *E. coli* è più associato al manzo (380 o 91,9%), seguito dal maiale (12 o 27,2%). Allo stesso modo la *Salmonella* è più associata alla carne bovina (244 o 52,5%) (Warmate e Onarinde, 2023).

1.4 Fattori contribuenti

I fattori che hanno contribuito all'insorgenza dei focolai si basano sui risultati delle relazioni investigative della letteratura scientifica, poiché i dati sintetici dei siti web ufficiali governativi non fornivano dettagli sui singoli incidenti o sulle cause e quindi non sono stati utilizzati per l'identificazione dei fattori contribuenti (Warmate e Onarinde, 2023). Pertanto, i risultati hanno rivelato che la maggior parte degli incidenti epidemici sono associati ad "abuso di temperatura" 71/101 (70,3%), seguito da "contaminazione" 49/101 (48,5%) e da "contaminazione incrociata" 40/101 (39,6%). Almeno un fattore contributivo tra questi è stato associato a ogni focolaio di malattia di origine alimentare (Warmate e Onarinde, 2023).

Capitolo 2

DISCUSSIONE

La maggior parte degli elementi sono stati identificati in studi precedenti come causa di epidemie di origine alimentare legate ad altri alimenti che non sono la carne rossa (Warmate e Onarinde, 2023).

I dati disponibili hanno rivelato che i 1729 focolai identificati nel periodo di 30 anni in esame hanno provocato 41.438 malattie (casi di epidemia), 10.691 ricoveri e 10.063 decessi (Warmate e Onarinde, 2023). Ciò indica che in ogni mese si sono verificati circa 5 focolai, 115 malattie, 30 ricoveri e 28 decessi. Queste cifre sono ovviamente indicative in quanto avrebbero potuto essere di più, probabilmente a causa della sottostima. L'età media segnalata dei casi di epidemia varia da 2 a 89 anni, indicando che non esiste un limite di età per contrarre malattie di origine alimentare (Warmate e Onarinde, 2023).

2.1 Impianti alimentari causa di contaminazione o origine dell'agente infettivo (patogeni)

Nel luogo o ambiente in cui la carne e i suoi prodotti sono stati contaminati, gli agenti patogeni sono sopravvissuti e hanno proliferato in modo diverso in ciascun focolaio. I rapporti evidenziano come la carne e il suo prodotto derivato vengano manipolati in modo non appropriato, provocando così un incidente epidemico (Warmate e Onarinde, 2023).

I risultati hanno rivelato che la maggior parte dei focolai segnalati erano collegati a stabilimenti di lavorazione della carne seguiti da ambienti domestici. Ciò riflette il rischio potenziale rappresentato dagli stabilimenti di lavorazione della carne. La particolarità della natura delle operazioni all'interno degli stabilimenti di macellazione e lavorazione delle carni è senza dubbio un fattore determinante. La scarsa igiene ambientale, la mancata applicazione delle GMP e delle misure di biosicurezza all'interno dei mattatoi di carne sono fattori di rischio significativi (Butt et al., 2021).

Tabella 1. Riepilogo descrittivo ed elenco di citazioni di ciascun rapporto sui focolai indagati

Anno	Località	Ambiente	Agente Eziologico	Alimento fonte di contaminazione	Tipo di carne	Fattori contributivi	N. di casi	Età media	Ricoveri	Morti	Casi STE	Richiamo	Riferimento
1993	Svizzera	Stabilimento di produzione alimentare	<i>Salmonella Braenderup</i>	Torta salata di carne	Manzo	Contaminazione; Scarse GIP;	156	32	6	0	NA	No	Ufer et al. (2000)
1995	Australia	Cena in chiesa	<i>Salmonella Typhimurium</i>	Carne di maiale arrosto	Maiale	Abuso di temperatura; Contaminazione incrociata	22	22	1	0	NA	No	Delpech et al., 1998
1998	Canada	Cena in chiesa	<i>Trichinella</i>	Hamburger di orso	Orso	Abuso di temperatura	8	NA	0	0	NA	No	Nelson et al., 2003
1999	USA	Stabilimento di lavorazione della carne del ristorante	<i>E. coli O157:H7</i>	Tacos di manzo	Manzo	Abuso di temperatura	13	12	5	0	3	No	Jay et al. (2004)
1999	USA	Ambiente domestico	<i>Listeria monocytogenes</i>	Fankfurter e salumi	Maiale	Contaminazione; Abuso di temperatura	108	NA	0	14	0	SI	Mead et al. (2006)
2001	Danimarca	Stabilimento di macellazione/ sezionamento carni	<i>Trichinella</i>	Carne di trinchico e orso polare	Orso	Contaminazione; Abuso di temperatura	6	NA	0	0	0	No	Müller et al. (2005)
2001	Spagna	Ambiente domestico	<i>Trichinella</i>	Carne di suino domestico	Maiale	Contaminazione; Abuso di temperatura	26	NA	0	0	0	No	Cortés-Bianco et al. (2002)
2001	Slovacchia	Stabilimento per la lavorazione della carne	<i>Trichinella spiralis</i>	Carne di maiale	Maiale	Contaminazione; Cattive pratiche igieniche; Abuso di temperatura	23	34,4	6	0	0	No	Ratcrova et al. (2007)
2001	Germania	Stabilimento per la lavorazione della carne	<i>Salmonella Goldcoast</i>	Saliscia fermentata	Maiale	Scarse GIP; Contaminazione incrociata	44	54	NA	NA	NA	No	Bremer et al. (2004)
2001	USA	Ristorante	<i>Salmonella Uganda</i>	Carne di maiale arrosto	Maiale	Cattive pratiche igieniche; Contaminazione incrociata	24	NA	NA	NA	NA	No	Jones et al. (2004)

2002	Canada	Ambiente domestico	<i>Trichinella</i>	Carne di orso	Orso	Contaminazione; Abuso di temperatura	71	42	5	0	0	No	Schielenberg et al., 2003
2002	USA	Stabilimento di taglio della carne	<i>E. coli</i> O157:H7	Hamburger di manzo	Manzo	Contaminazione; Inoccolata; Cattive pratiche igieniche; Controllo della temperatura.	9	14	3	0	3	SI	Vogt and Dippold (2005)
2002	Svezia	Stabilimento per la lavorazione della carne	<i>E. coli</i> O157:H7	Saliccia fermentata	Manzo	Scarso GMP; Abuso di temperatura	39	14	NA	NA	12	No	Sartz et al. (2008)
2002	USA	Stabilimento per la lavorazione della carne	<i>E. coli</i> O157:H7	Carne di manzo macinata	Manzo	Contaminazione; Abuso di temperatura	18	15	7	0	5	SI	CDC (2002)
2003	Nuova Zelanda	Ambiente domestico	<i>Campylobacter jejuni</i>	Cocktail di salicce precotte	Maiale	Abuso di temperatura; Contaminazione inoccolata	3	NA	0	0	0	No	Graham et al. (2005)
2003	USA	Stabilimento per la lavorazione della carne	<i>Salmonella Typhimurium</i>	Carne di manzo macinata	Manzo	Abuso di temperatura; Contaminazione inoccolata	38	49	11	0	0	No	Debet et al. (2006)
2003	USA	Pranzo scolastico	<i>Salmonella Typhimurium</i>	Carne di manzo macinata	Manzo	Cattiva pratica di igiene alimentare; Contaminazione inoccolata; Abuso di temperatura.	47	8	2	0	0	No	McLaughlin et al. (2006)
2004	Italia	Ambiente domestico	<i>Salmonella Typhimurium</i>	Salame Corallina	Maiale	Contaminazione inoccolata; Cattiva pratica igienica	63	7,5	NA	NA	NA	No	Luzza et al., 2007
2004	Belgio	Stabilimento di taglio della carne	Virus epatite A	Manzo crudo	Manzo	Contaminazione inoccolata; Cattiva pratica igienica; Abuso di temperatura.	269	36,6	0	0	0	No	Robeyn et al. (2009)
2004	Italia	Ambiente domestico	<i>E. coli</i> O157	Salame secco fermentato	Maiale	Contaminazione	3	29	2	0	0	No	Conedera et al. (2007)
2004	Italia	Stabilimento per la lavorazione della carne	<i>E. coli</i> O157	Salame	Maiale	Contaminazione	2	60	2	0	0	No	Conedera et al. (2007)

Anno	Località	Ambiente	Agente Eziologico	Alimento fonte di contaminazione	Tipo di carne	Fattori contributivi	N. di casi	Età media	Ritrovi	Morti	Casi SUE	Richiamo	Riferimento
2005	Paesi Bassi	Ristoranti alimentari mobili	<i>Salmonella Typhimurium</i>	Filato americano (Bistecca alla tartara)	Manzo	Abuso di temperatura	56	NA	0	0	NA	No	Kivi et al. (2007)
2005	Francia	Stabilimento di macellazione/senzonamento cani	<i>Salmonella</i> Manhattan	Carne di maiale cotta; carne di manzo macinata	Specie miste	Contaminazione; incrociata; Cattive pratiche igieniche.	69	NA	3	0	NA	No	No' al et al. (2006)
2005	Paesi Bassi	Ambiente domestico	<i>E. coli</i> O157:H7	Bistecca alla tartara	Manzo	Abuso di temperatura	33	24	7	0	0	No	Doorduyn et al. (2006)
2005	Australia	Ambiente domestico	<i>Salmonella Typhimurium</i>	Fegato di agnello	Agnello	Contaminazione incrociata; Abuso di temperatura	31	23	0	0	0	No	Hess et al. (2008)
2005	Belgio	Stabilimento di macellazione della carne	<i>Salmonella</i> Ohio	Maiale macinato crudo	Maiale	Scarse GMP; Cattive pratiche igieniche; Contaminazione incrociata	60	50	0	0	0	No	Bertrand et al. (2010)
2005	USA	Stabilimento per la lavorazione della carne	Norovirus	Carne di salumeria	Manzo	Scarse GMP; Cattive pratiche igieniche; Contaminazione incrociata	57	NA	NA	0	0	No	Malek et al. (2009)
2005	Danimarca	Ristorante	<i>Salmonella Typhimurium</i>	Carpaccio (sottile filetto crudo a fette di manzo)	Manzo	Contaminazione; Abuso di temperatura	32	NA	11	0	0	Si	Ethelberg et al. (2007)
2006	Norvegia	Stabilimento di macellazione/senzonamento	<i>E. coli</i> O103	Saliscia di montone stagionata	Montone	Scarse GMP; Cattive pratiche igieniche; Contaminazione incrociata	17	NA	14	1	10	No	Schimmer et al. (2008)
2006	Norvegia	Ambiente domestico	<i>Yersinia enterocolitica</i>	Carna pronta al consumo-muscolo	Maiale	Contaminazione	11	44	4	2	0	No	Grabek-Ogden et al. (2007)
2006	Germania	Stabilimento per la lavorazione della carne	<i>Listeria monocytogenes</i>	Carna pronta al consumo-maiale scottato	Maiale	Contaminazione incrociata; Cattive pratiche igieniche	16	NA	2	0	0	No	Wimer et al. (2009)

2007	USA	Catena di macellerie	<i>Salmonella</i> Newport	Carne di manzo macinata	Manzo	Contaminazione; incrociata; Contaminazione Carnive pratiche igieniche; Controllo della temperatura.	42	41	17	0	0	No	Schneider et al. (2011)
2007	USA	Stabilimento per la lavorazione della carne	<i>Salmonella</i> Typhimurium	Carne pronta al consumo-Torte surgelate	Manzo	Contaminazione; Abuso di temperatura	401	20	128	0	0	Si	CDC (2008)
2007	Danimarca	Stabilimento per la lavorazione della carne	<i>E. coli</i> O157:H11	Saliscia di manzo fermentata biologica	Manzo	Cattive pratiche igieniche; Contaminazione incrociata	20	2	0	0	0	Si	Ethelberg et al. (2009)
2008	Danimarca, Norvegia e Svezia	Stabilimento di macellazione/ sezionamento carni	<i>Salmonella</i> Typhimurium	Pasti di carne di maiale danese, saliscia ecc.	Maiale	Contaminazione incrociata	37	54	0	4	NA.	No	Brunn et al., 2009
2008	Australia	Ostria	<i>Listeria monocytogenes</i>	Maiale in gelatina	Maiale	Contaminazione incrociata; abuso di temperatura	13	62	4	0	0	No	Pichler et al., 2009
2008	Paesi Bassi	Ambiente domestico	<i>E. coli</i> O157:H7	Bistecca alla tartara	Manzo	Abuso di temperatura	20	41	7	0	0	No	Jeger et al. (2009)
2008	USA	Stabilimento di macellazione della carne	<i>E. coli</i> O157 (STEC O157)	Carne di manzo macinata	Manzo	Contaminazione; Scarso GMP; Cattive pratiche igieniche; Abuso di temperatura	99	21	19	0	1	Si	CDC (2010)
2009	Italia e Ungheria	Ristorante	<i>Salmonella</i> Goldcoast	Panino al salame	Maiale	Contaminazione incrociata	79	50	17	2	NA.	No	Scavia et al., 2013
2009	Paesi Bassi	Ambiente domestico	<i>Salmonella</i> Typhimurium	Bistecca alla tartara	Manzo	Abuso di temperatura	23	17	8	1	0	No	Whelan et al. (2010)
2009	Danimarca	Ristoranti alimentari mobili	<i>Listeria monocytogenes</i>	Carne di manzo	Manzo	Abuso di temperatura	8	78	0	2	0	No	Smith et al. (2011)
2009	Francia	Hotel	<i>Trichinella</i>	Carne di fegato affumicata	Fegato	Contaminazione; Abuso di temperatura	3	NA	0	0	0	No	Dupont-Camet et al. (2009)
2010	Francia	Mania scolastica	<i>Salmonella</i> Typhimurium	Hamburger di manzo	Manzo	Contaminazione; Abuso di temperatura	554	NA	31	0	0	Si	Raguenan et al. (2012)

Anno	Località	Ambiente	Agente Eziologico	Alimento fonte di contaminazione	Tipo di carne	Fattori contributivi	N. di casi	Età media	Ricoveri	Morti	Casi SUE	Richiamo	Riferimento
2010	Paesi Bassi	Ambiente domestico	<i>Salmonella</i> <i>Typhimurium</i>	Salaticcia di manzo cruda Ossewurst	Manzo	Abuso di temperatura	90	NA	45	0	0	No	Friesema et al. (2012)
2010	USA	Terreni scolastici	<i>E. coli</i> O157:H7	Prodotto di cervo	Cervo	Abuso di temperatura	29	NA	2	0	0	No	Rounds et al. (2012)
2011	Francia	Stabilimento per la lavorazione della carne	<i>E. coli</i> O157	Hamburger di manzo congelato	Manzo	Cattive pratiche igieniche; Contaminazione incrociata; Temperatura abuso.	18	3	18	0	18	No	King et al. (2014)
2011	USA	Ambiente domestico	<i>Trichinella</i>	Cama di cinghiale-selvaggina	Cinghiale	Contaminazione; Abuso di temperatura; Pratica di sicurezza alimentare scadente	6	NA	1	0	0	No	Holzhauser et al. (2014)
2011	Canada	Evento catering	<i>E. coli</i> O157:H7	Maiale arrosto	Maiale	Contaminazione; Abuso di temperatura.	29	31	7	0	0	No	Trotz-Williams et al. (2012)
2011	Francia	Stabilimento per la lavorazione della carne	<i>Salmonella</i> <i>Typhimurium</i>	Salaticcia di maiale	Maiale	Scarsa GAP; Contaminazione incrociata	337	10	0	0	0	SI	Goosner et al. (2012)
2011	India	Raduno comunitario	<i>Trichinella</i>	Cama di maiale arrosto	Maiale	Abuso di temperatura	54	NA	0	1	0	No	Sharma et al. (2014)
2011	Danimarca	Carera di vendita al dettaglio (supermercato)	<i>Salmonella</i> <i>Typhimurium</i>	Cama pronta al consumo-Filetto di maiale affumicato	Maiale	Contaminazione	22	NA	NA	NA	NA	SI	Wojcik - et al. (2012)
2012	Norvegia	Hotel	<i>Clostridium perfringens</i>	Stufato di manzo	Manzo	Abuso di temperatura	43	16	0	0	NA	No	Wahl et al., 2013
2012	Inghilterra	Stabilimento di produzione alimentare	<i>Listeria monocytogenes</i>	Torta di maiale	Maiale	Contaminazione incrociata; Cattive pratiche igieniche; Controllo della temperatura.	14	NA	0	0	0	SI	Avoufipourpouyeu et al. (2016)

2012	Vietnam	Ambiente domestico	<i>Trichinella</i>	Carne di maiale cruda	Maiale	Contaminazione; Abuso di temperatura	24	6	0	0	No	Van de et al. (2012)
2012	Canada	Stabilimento di macellazione/ sezionamento	<i>E. coli</i> O157:H7	Carne di manzo macinata	Manzo	Scarse GMP; Contaminazione incrociata; Contaminazione.	18	6	0	0	Si	Cumie et al. (2019)
2012	Nuova Zelanda	Stabilimento per la lavorazione della carne	<i>Listeria monocytogenes</i>	Carne pronta al consumo	Specie miste	Contaminazione.	4	NA	2	NA	No	Rivas et al. (2019)
2012	Serbia	Accoglienza funebre	<i>Trichinella</i>	Maiale affumicato	Maiale	Abuso di temperatura	13	8	0	0	No	Popovi c'Dragonj c and Koci c (2018)
2012	Belgio	Stabilimento di macellazione della carne	<i>E. coli</i> O157:H7	Bistecca alla tarara	Manzo	Contaminazione; Carive pratiche igieniche; Abuso di temperatura	24	15	0	5	No	Brays et al. (2014)
2013	Scotsia	Stabilimento di produzione alimentare	<i>Listeria monocytogenes</i>	Torta di bistecca	Manzo	Contaminazione incrociata; Scarsa igiene; Carive pratiche di produzione	3	3	0	0	No	Olipo et al., 2015
2013	USA	Stabilimento di macellazione/ sezionamento carni	<i>E. coli</i> O157:H7	Hamburger di manzo	Manzo	Carive pratiche igieniche; Scarsa GMP; Contaminazione incrociata; Abuso di temperatura.	24	8	0	NA	No	Tonso et al. (2015)
2013	Francia	Martimonio	Virus epatite A	Maialino allo spiedo	Maiale	Contaminazione; Abuso di temperatura	17	2	0	0	No	Guillois et al.
2013	Germania	Stabilimento per la lavorazione della carne	<i>Trichinella</i>	Carne di cinghiale selvaggina	Cinghiale	Contaminazione; GMP scadente	21	0	0	0	No	Faber et al. (2015).
2013	Germania	Stabilimento di taglio della carne	<i>Salmonella Typhimurium</i>	Saliccia di maiale, carne macinata di maiale	Maiale	Contaminazione; Contaminazione incrociata; Abuso di temperatura; Carive pratiche igieniche	61	36	0	0	No	Alt et al. (2015)

Anno	Località	Ambiente	Agente Eziologico	Alimento fonte di contaminazione	Tipo di carne	Fattori contributivi	N. di casi	Età media	Ricoveri	Morti	Casi SUE	Richiamo	Riferimento
2013	Cina	Ristorante	<i>Clostridium botulinum</i>	Costolate di maiale affumicate	Maiale	Contaminazione; Abuso di temperatura; Cattive pratiche di sicurezza alimentare.	12	NA	7	0	0	Sì	Feng et al. (2015)
2014	Francia	Stabilimento per la lavorazione della carne	<i>Salmonella Enteritidis</i>	Hamburger di manzo congelato	Manzo	Contaminazione; Abuso di temperatura	45	9	0	0	NA.	Sì	Jones et al. (2016)
2014	Belgio	Ristorante	<i>Trichinella</i>	Carne di cinghiale	Cinghiale	Contaminazione; Abuso di temperatura	16	37	10	0	0	Sì	Massien et al. (2016)
2014	Germania	Alllevamento di maiali	<i>Salmonella Muenchen</i>	Prodotti di carne di maiale crudo, insaccati e creme spalmabili	Maiale	Cattive pratiche igieniche	247	56	0	0	0	No	Schälike et al. (2017)
2014	Svezia	Stabilimento per la lavorazione della carne	<i>Listeria monocytogenes</i>	Prosciutto crudo	Maiale	Contaminazione incrociata; Cattive pratiche igieniche	51	77	0	0	0	Sì	Dahl et al. (2017)
2014	Germania	Stabilimento per la lavorazione della carne	<i>Listeria monocytogenes</i>	Carne pronta al consumo-Salsiccia	Maiale	Scarsa GAP; Cattive pratiche igieniche; Contaminazione incrociata	39	73	25	18	0	Sì	Lachmann et al. (2021)
2015	Italia	Stabilimento di produzione alimentare	<i>Listeria monocytogenes</i>	Tetta in cassetta (carne di maiale lavorata)	Maiale	Contaminazione incrociata; Cattiva pratica igienica	35	75	24	4	0	Sì	Duranti et al., 2018
2015	Spagna	Ambiente domestico	Virus epatite E	Carne di cinghiale	Cinghiale	Contaminazione; Abuso di temperatura	8	NA	0	0	0	No	Rivero-Juarez et al. (2017)
2015	Francia	Stabilimento di macellazione/ sezionamento carni	<i>Trichinella</i>	Figatelli (salsicce di maiale)	Maiale	Contaminazione; Contaminazione incrociata; Cattive pratiche igieniche.	3	NA	1	0	0	No	Ruetsch et al. (2016)

2015	Scotia	Stabilimento di macellazione/ sezionamento	<i>E. coli</i> O157:H7	Carne di cervo	Cervo	Contaminazione incrociata; Abuso di temperatura	12	41	0	0	0	No	Smith-Palmar et al. (2018)
2015	Inghilterra	Stabilimento per la lavorazione della carne	<i>E. coli</i> O157	Carne pronta al consumo	Specie miste	Contaminazione incrociata; Carive pratiche igieniche; Controllo della temperatura.	15	38	10	0	7	No	Wilson et al. (2018)
2015	USA	Stabilimento di macellazione/ sezionamento carni	<i>Salmonella</i> Infantis	Carne di maiale arrosto	Maiale	Contaminazione; Contaminazione incrociata; GMP scadente Carive pratiche igieniche; Controllo della temperatura.	192	35	30	0	0	Si	Karvalani et al. (2019)
2015	Paesi Bassi	Stabilimento per la lavorazione della carne	<i>Salmonella</i> <i>Typimurium</i>	Filet americano (pasta di manzo crudo)	Manzo	Contaminazione; Abuso di temperatura	45	21	29	0	0	No	Freddi et al. (2018)
2016	Italia	Mensa scolastica	<i>Listeria monocytogenes</i>	Prosciutto di manzo cotto	Manzo	Contaminazione incrociata; Abuso di temperatura	162	NA	5	0	0	No	Marella et al. (2018)
2016	Paesi Bassi	Stabilimento per la lavorazione della carne	<i>Salmonella</i> <i>Bovismorbificans</i>	Prosciutto	Maiale	Contaminazione	54	65	15	0	0	Si	Brandvagt et al. (2018)
2016	Giappone	Ristorante	<i>Trichinella TP</i>	Fanna di carne di orso	Orso	Contaminazione; Abuso di temperatura; Pratica di sicurezza alimentare scadente	21	19	0	0	0	No	Tada et al. (2018)
2016	Serbia	Ambiente domestico	<i>Trichinella britoni</i>	Prosciutto di cinghiale e salsiccia	Cinghiale	Contaminazione; Abuso di temperatura	114	NA	19	0	0	No	Dimitric et al. (2018)
2016	Italia	Ambiente domestico	<i>Trichinella</i>	Salsiccia di cinghiale	Cinghiale	Contaminazione; Abuso di temperatura	5	NA	1	0	0	No	Tunac et al. (2017)

Anno	Località	Ambiente	Agente Eziologico	Alimento fonte di contaminazione	Tipo di carne	Fattori contributivi	N. di casi	Età media	Ricoveri	Morti	Casi SUE	Richiamo	Riferimento
2016	Svizzera	Stabilimento per la lavorazione della carne	<i>Listeria monocytogenes</i>	Paie Di Carne	Manzo	Contaminazione incrociata; Scarse GMP; Cattive pratiche igieniche; Abuso di temperatura	7	84,8	0	0	0	Si	Althaus et al. (2017)
2016	India	Ambiente domestico	<i>Aeromonas hydrophila</i>	Carne di carcassa	Manzo	Contaminazione; Abuso di temperatura	33	NA	NA	NA	NA	No	Talsten et al. (2016)
2016	Giappone	Ambiente domestico	<i>E. coli</i> O157:H7	Coriolo di carne macinata cruda	Specie miste	Abuso di temperatura	61	31	24	0	4	Si	Furukawa et al. (2018)
2017	Sud Africa	Stabilimento per la lavorazione della carne	<i>Listeria monocytogenes</i>	Carne pronta al consumo-salsiccia Polony	Specie miste	Scarse GMP; Cattive pratiche igieniche; Contaminazione; contaminazione incrociata.	937	NA	2	197	NA	Si	Thomas et al. (2020)
2017	USA	Rifugio	<i>Toxoplasma gondii</i>	Carne di cervo alla griglia	Carvo	Abuso di temperatura	11	51	0	0	0	No	Schmacher et al. (2021)
2017	USA	Fetta in casa	<i>Trichinella</i>	Carne di cinghiale cruda	Cinghiale	Abuso di temperatura	36	NA	0	0	0	No	Henton et al. (2018)
2018	Danimarca	Ambiente domestico	<i>Salmonella Typhimurium</i>	Salsiccia Medister (salsiccia di maiale crudo danese)	Maiale	Contaminazione incrociata; abuso di temperatura	49	66	0	0		No	Halmuth et al., 2019
2018	USA	Stabilimento di macellazione/ sezionamento carni	<i>Salmonella Newport</i>	Carne di manzo	Manzo	Contaminazione; Scarse GMP; Cattive pratiche igieniche; Abuso di temperatura	235	36	60	2	0	No	Plumb et al. (2019)
2018	Canada	Ritiro di caccia	<i>Toxoplasma gondii</i>	Carne di cervo	Cervo	Abuso di temperatura	6	NA	1	0	0	No	Gaulin et al. (2020)

2019	Paesi Bassi	Stabilimento di produzione alimentare	<i>Listeria monocytogenes</i>	Prodotti a base di carne pronti al consumo	Specie miste	Contaminazione incrociata; Cattive pratiche igieniche.	21	78	21	3	0	Si	ECDC-EFSA (2019)
2019	Cina	Ambiente domestico	<i>Clostridium botulinum</i>	Prosciutto Sottovuoto	Maiale	Abuso di temperatura	4	55	4	1	0	No	Min et al. (2021)
2019	Paesi Bassi	Ambiente domestico	<i>E. coli</i> O157	Bistecca alla tartara	Manzo	Abuso di temperatura	20	41	7	0	0	No	Greenland et al. (2009)
2019	Regno Unito	Caratterizzazione di vendita al dettaglio (supermercato)	<i>E. coli</i> O157:H7	Carne macinata cruda	Manzo	Contaminazione; Abuso di temperatura	13	19	5	0	2	No	Butt et al. (2021)

Tabella 2. Classificazione degli impianti alimentari segnalati associati a focolai di malattie di origine alimentare.

Impostazione della trasmissione	Categoria
Impianto di sezionamento della carne, allevamento di suini, macello di carni rosse, macello di carne, stabilimento di lavorazione della carne fresca, impianto di sezionamento della carne di selvaggina, impianto di macellazione/sezionamento in comune, stabilimento di macellazione, macelleria della catena di vendita al dettaglio, macelleria privata, macelleria locale.	Stabilimento per la lavorazione della carne
Stabilimento di produzione alimentare	Stabilimento di produzione alimentare
Cena in chiesa, mensa scolastica, cortile della scuola, pranzo scolastico	Stabilimento istituzionale
Hotel, ristorante, ristorazione mobile, ristorazione ospedaliera	Stabilimento di servizio di ristorazione
Catena di macellerie, catena di vendita al dettaglio (supermercato)	Supermercato della catena di vendita al dettaglio
Casa, festa in casa	Ambiente domestico
Eventi nuziali; eventi di ristorazione; osteria; ritiri di caccia; ricevimenti funebri; riunioni di comunità; ritiri familiari.	Altri

Tabella 3. Proporzioni di focolai, malattie, ricoveri e decessi associati ai diversi tipi di carne

Specie di carne	N. Epidemie	N. Malati	N. Ricoverati	N. Morti
Orso	21	202	30	25
Manzo	1077	23.907	5324	4792
Bisonte	3	76	49	31
Bufalo	2	15	3	3
Cervo	4	58	3	0
Capra	6	85	27	27
Agnello	17	261	116	118
Specie miste	33	1620	197	328
Montone	1	17	14	1
Maiale	555	14.977	4886	4727
Faccero	1	3	0	0
Cinghiale	9	217	42	11
Totale	1729	41.438	10.691	10.063

Il rischio più significativo per la sicurezza della carne all'interno degli allevamenti di carne è la presenza di batteri enteropatogeni in grado di proliferare nell'intestino o nel tratto gastrointestinale degli animali destinati alla produzione alimentare, che li rende portatori asintomatici di malattie di origine alimentare (Lianou et al., 2017). Ad esempio, alcuni patogeni presenti nella carne (*Salmonella*, *Campylobacter*, *E. coli* O157:H7 e *Yersinia*) vivono nell'intestino degli animali e possono contaminare la carne durante la fase di macellazione (DeWaal et al., 2006).

Tabella 4: Classificazione dei veicoli alimentari associati a focolai di malattie di origine alimentare.

Veicolo alimentare (prodotti a base di carne) fonte di contaminazione	Categoria
Hamburger di orso, carne di orso, hamburger di manzo, carne di manzo, salsiccia di cinghiale, carne di carcassa, carpaccio (filetto di manzo crudo tagliato sottile), carne di maiale domestico, filet américain (pasta di manzo cruda), carne macinata, fegato di agnello, salsiccia Medister (salsiccia di maiale danese cruda), manzo macinato, maiale macinato, salsiccia di manzo crudo Ossensworst, carne di maiale, salsiccia di maiale, manzo crudo, carne di cinghiale cruda. Macinato crudo di manzo, macinato crudo di maiale, carne suina cruda, carne di maiale arrosto, salsicce e creme spalmabili, bistecca alla tartara, carne di cervo, tricheco e orso polare, prosciutto e salsicce di cinghiale, carne di cinghiale	Prodotti a base di carne lavorata fresca
Salame Corallina, salsiccia di montone stagionato, salumi, salsiccia di suino secca, salame secco fermentato, salsiccia fermentata, Figatelli (salsicce di suino), wurstel e salumi, patè di carne essiccato (carne secca di orso), salsiccia di bovino fermentato biologico, soppressata, salsiccia Polony, maiale scottato, filetto di maiale affumicato, panino salame, maiale affumicato	Prodotti a base di carne pronti al consumo
Stufato di manzo, tacos di manzo, prosciutto affettato, prosciutto di manzo cotto, torte surgelate, cervo alla griglia, testa in cassetta (maiale lavorato), maiale in gelatina, sformati di carne, torta di maiale, arrosto di maiale, salsicce cocktail precotte, carne di maiale arrosto, costolette di maiale affumicate, carne di facocero affumicata, maialino allo spiedo, tortino di carne, confezionato sottovuoto	Prodotti a base di carne/farinata cotti

Alcuni di questi agenti patogeni si trovano sulla pelle degli animali, causando potenzialmente la contaminazione crociata della carne e dell'ambiente e viceversa (Antic et al., 2021). Oltre alla pelle, il tratto gastrointestinale e respiratorio, l'urina e il dotto lattifero sono altre fonti di contaminazione (Nel et al., 2004).

La contaminazione della carne può verificarsi anche durante la lavorazione nei mattatoi, in particolare durante l'eviscerazione, dove è possibile che il contenuto dell'intestino contamini la carne esposta se vengono applicate tecniche di macellazione errate. Tuttavia, la letteratura rivela che la contaminazione della carcassa durante la macellazione e la lavorazione della carne bovina si verifica principalmente al momento della decorticazione e scuoiatura (Antic et al., 2021; Kennedy et al., 2014; McEvoy et al., 2000). Quindi, prevenire la contaminazione crociata dalla superficie della pelle alla carcassa è molto impegnativa a causa della natura del processo di rimozione della pelle (McEvoy et al., 2000).

Altre potenziali fonti di contaminazione durante la preparazione delle carcasse di carne includono i coltelli, le mani e gli indumenti dei lavoratori, le attrezzature di lavorazione come seghe, tavoli per disossare, nastri trasportatori e l'acqua utilizzata per lavare le carcasse (Govender et al., 2013). Pertanto, è fondamentale osservare uno standard minimo di igiene (personale e ambientale) per ridurre al minimo la contaminazione.

Tabella 5. Proporzione di focolai, malattie, ricoveri e decessi associati ai diversi agenti eziologici.

Agente eziologico	N. Epidemie	N. Malati	N. Ricoverati	N. Morti
<i>Aeromonas hydrophila</i>	1	33	0	0
<i>Anthrax</i>	1	61	0	0
<i>Bacillus cereus</i>	51	692	279	279
<i>Campylobacter jejuni</i>	15	261	44	42
<i>Clostridium</i>	294	11.071	2762	2843
<i>E. coli</i>	414	4953	1092	791
<i>Enterobacter</i>	2	30	0	0
Hepatitis E Virus	1	269	0	0
Hepatitis E Virus	2	25	2	240
<i>Listeria monocytogenes</i>	120	3106	627	530
Norovirus	144	3067	429	442
<i>Salmonella</i>	469	13.469	4349	3826
<i>Sapovirus</i>	1	22	22	22
<i>Shigella</i>	7	173	0	0
<i>Staphylococcus</i>	134	3048	652	662
<i>Toxoplasma gondii</i>	2	17	1	0
<i>Trichinella</i>	55	953	426	382
<i>Yersinia</i>	16	188	6	4
Totale	1729	41.438	10.691	10.063

2.2 Alimenti maggiormente incriminati nei focolai

Gli alimenti maggiormente esposti al rischio di contaminazione includono: carne appena lavorata, carne pronta per il consumo e prodotti a base di carne cotta. I prodotti a base di carne appena lavorata sono principalmente carne cruda che richiede un'ulteriore lavorazione, nella maggior parte dei casi, prima del consumo. Ad esempio, alcuni prodotti a base di carne appena lavorata, come la bistecca alla tartara e l'hamburger di manzo, sono stati consumati crudi o poco cotti, cioè cotti "mediamente al sangue" (Kivi et al., 2007).

Quindi, i diversi modi in cui questi alimenti vengono lavorati o preparati possono influenzare il modo in cui vengono contaminati, la sopravvivenza e la proliferazione di agenti patogeni (Bryan et al., 1997).

Tabella 6, Proporzione dell'agente eziologico associato al tipo/specie di carne.

Agente eziologico	N. Orso	N. Manzo	N. Bisonte	N. Bufalo	N. Cervo	N. Capra	N. Agnello	N. Misto	N. Montone	N. Maiale	N. Facocero	N. Cinghiale
<i>Aeromonas hydrophila</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Anthrax</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bacillus cereus</i>	8	36	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
<i>Campylobacter jejuni</i>	0	8	0	0	0	0	0	15	0	6	0	0
<i>Clostridium</i>	0	209	0	0	0	1	0	4	0	80	0	0
<i>E. coli</i>	0	380	3	1	2	1	9	5	1	12	0	0
<i>Enterobacter</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hepatitis E Virus	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hepatitis E Virus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Listeria monocytogenes</i>	0	62	0	0	0	0	0	6	0	50	0	0
Norovirus	0	86	0	0	0	0	0	3	0	58	0	0
<i>Salmonella</i>	0	244	0	0	0	1	8	6	0	207	0	0
Sapovirus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Shigella</i>	0	7	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0
<i>Staphylococcus</i>	0	40	0	0	0	0	0	4	0	91	0	0
<i>Toxoplasma gondii</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trichinella</i>	18	0	0	0	0	0	0	0	0	21	1	8
<i>Yersinia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0

Per quanto riguarda la specie o il tipo di carne, i dati rivelano che la carne bovina (1077 o 62,35 %) e la carne suina (555 o 32,1 %) sono più frequentemente associati a focolai (Tabella 3) (Warmate e Onarinde, 2023). Pertanto, la carne bovina e suina e i loro prodotti sono stati i veicoli alimentari più incriminati segnalati durante il periodo di 30 anni in esame (Warmate e Onarinde, 2023). Ciò è in parte collegato al fatto che manzo e maiale sono le specie di carne rossa più consumate a livello globale.

Infatti, secondo la FAO (2019), la carne di maiale è la carne più consumata al mondo (36%), seguita da pollame (33%), manzo (24%) e capra/pecora (5%). Il consumo di carne bovina e dei suoi prodotti ha dato luogo a più malattie o focolai (23,907 o 57,7 %) e ricoveri ospedalieri (5324 o 49,8 %) rispetto al consumo di carne suina e dei suoi prodotti (Warmate e Onarinde, 2023).

2.3 Patogeni di origine alimentare (batteri, virus e parassiti) che causano la maggior parte delle malattie

Dei diciotto patogeni di origine alimentare identificati, *Salmonella*, *E. coli* e *Clostridium* sono stati segnalati come i tre agenti causali di focolai di origine alimentare legati rispettivamente al consumo di carne rossa e dei suoi prodotti più comuni (Tabella 5).

2.3.1 Agente eziologico e tipo di carne

I risultati di rivelano che patogeni specifici sono maggiormente associati a tipi di carne specifici e ai loro prodotti (Tabella 6) (Warmate e Onarinde, 2023). Ad esempio, è stato rilevato che *Clostridium* è maggiormente associato alla carne bovina e ai suoi prodotti (71,1%), seguita dalla carne suina (27,2%); anche *E. coli* è più associato al manzo (91,9%) seguito dal maiale (12 o 27,2%).

Allo stesso modo *Salmonella* è più associata alla carne bovina (52,45%) seguita da quella suina (44,4%). Questa conoscenza può quindi aiutare a prendere le decisioni efficaci in materia di gestione del rischio. Inoltre, interventi specifici diretti a queste categorie di alimenti e ai loro agenti patogeni associati aiuterebbero a prevenire o ridurre la frequenza dei focolai di malattie di origine alimentare.

2.3.2 *Salmonella*

Dai dati analizzati emerge che *Salmonella* ha causato la maggior parte (469 o 27,1%) dei focolai, con conseguenti 13.469 (32,5%) malattie, 4349 (40,7%) ricoveri e 3826 (38%) decessi (Warmate e Onarinde, 2023). In molti paesi vengono segnalati comunemente focolai di infezione alimentare causati da *Salmonella* nella carne e nei suoi prodotti, dunque è considerato uno dei patogeni di origine alimentare che desta maggiore preoccupazione (Plumb et al., 2019).

Uno studio precedente sulle epidemie di origine alimentare in Canada nell'arco di 16 anni ha evidenziato l'importanza di *Salmonella* come agente eziologico delle malattie enteriche in quanto era il patogeno più comune che ha causato il 40,3% delle epidemie (Belanger et al., 2015).

Salmonella è un batterio che può causare una malattia o una zoonosi chiamata salmonellosi negli esseri umani. Nell'UE vengono segnalati ogni anno oltre 91.000 casi di salmonellosi (EFSA, 2022). Le salmonelle vengono veicolate agli impianti di trasformazione tramite gli animali da allevamento, di solito attraverso il materiale fecale presente sulle loro zampe. Questi microrganismi poi possono diffondersi alle carcasse o ai tagli di carne durante la lavorazione. Nella maggior parte dei casi, l'errata cottura delle carni permette alle salmonelle di sopravvivere e causare epidemie di malattie di origine alimentare (Bryan, 1980).

La salmonellosi può avere conseguenze gravi; tuttavia, la sua diffusione può essere controllata mediante pratiche igieniche di macellazione e un'accurata cottura e refrigerazione della carne e dei suoi prodotti (Braeye et al., 2014).

2.3.3 *E. coli*

Il secondo maggior numero di focolai (414), è stato attribuito a *E. coli*, provocando 4953 malattie, 1092 ricoveri e 791 decessi. Come *Salmonella*, *E. coli* è un batterio presente in natura che si trova comunemente nel tratto gastrointestinale degli animali, in particolare nei bovini (Wahl et al., 2013; Brusa et al., 2022).

La maggior parte dei ceppi di *E. coli* è innocua, sebbene *E. coli* produttore della tossina Shiga (STEC), il ceppo più comunemente riportato in questo studio, possa causare malattie di origine alimentare gravi e pericolose per la vita come la sindrome emolitico-uremica (SUE), la trombocitopenia, l'insufficienza renale e, occasionalmente, morte, specialmente nei bambini e negli anziani (Belanger et al., 2015; WHO, 2022).

I risultati mostrano che il 100 % di tutti i casi di focolai di SUE riportati dalla letteratura scientifica esaminata, sono associati a infezioni da *E. coli*. Ad esempio, uno studio condotto da Feitz et al. (2021) rivela che l'infezione da *E. coli* produttori di tossina Shiga è stata indicata come causa del 90% dei casi di sindrome emolitico-uremica (SUE) nei bambini. La maggior parte dei rapporti sulle indagini suggeriscono che la trasmissione dell'infezione da *E. coli* ai consumatori avviene attraverso il consumo di carne cruda o poco cotta (come hamburger di manzo tritato o macinato) che è già stata contaminata durante la macellazione e la lavorazione negli impianti di lavorazione della carne (Duranti et al., 2018). Sono risultati fattori di rischio anche la contaminazione fecale della carne della carcassa e la contaminazione crociata tramite le mani degli operatori, le attrezzature, gli strumenti e l'ambiente del mattatoio (Costa et al., 2020; Dickson e Acuff, 2017). Pertanto, le buone pratiche di produzione/igiene negli stabilimenti di lavorazione della carne dovrebbero aiutare a prevenire la contaminazione dei prodotti a base di carne bovina (Buncic et al., 2014). Poiché il ceppo STEC è sensibile al calore e viene distrutto da una cottura accurata, la preparazione della carne in casa e nell'ambiente alimentare dovrebbe rispettare le pratiche di sicurezza alimentare di base come "cuocere a fondo".

2.3.4 *Clostridium*

Clostridium è il terzo agente patogeno più segnalato dopo *E. coli*. Tuttavia, i risultati rivelano che ha causato più malattie (11071), ricoveri (2762) e decessi (2843) rispetto a *E. coli*. La specie *Clostridium perfringens* include batteri sporigeni che possono sopravvivere al calore, all'aridità e ad altre condizioni ambientali avverse.

C. perfringens rappresenta una delle cause più comuni di tossinfezione alimentare, con una stima di quasi 1 milione di malattie di origine alimentare causate dal batterio ogni anno negli Stati Uniti (CDC, 2022b). Pollo, tacchino e carne rossa (come manzo e maiale) sono specifici alimenti comunemente associati a focolai di *C. perfringens*. Ciò accade soprattutto quando vengono cotti in grandi quantità e mantenuti a temperature non sicure, il che si verifica prevalentemente in ambienti come scuole, ospedali, fabbriche ed esercizi di ristorazione (Bennet et al., 2013). D'altra parte, *Clostridium botulinum* è un batterio che causa il botulismo (una intossicazione alimentare provocata da neurotossine). Il batterio produce endospore resistenti al calore e ad una serie di stress ambientali, come ad esempio l'acidità elevata (CDC, 2013). Il botulismo di origine alimentare deriva dall'ingestione di tossina botulinica preformata nel cibo. La tossina può essere trovata nel cibo che non è stato adeguatamente cotto, lavorato, manipolato o inscatolato (CDC, 2013).

2.4 Fattori che contribuiscono ai focolai segnalati

Diversi fattori contribuiscono alla contaminazione della carne e alla sopravvivenza o proliferazione degli agenti eziologici in essa. Questi fattori hanno contribuito alla causa dei focolai e sono stati identificati e classificati come: contaminazione primaria, contaminazione crociata, mancata applicazione delle "GMP", scarsa pratica igienica, abuso di temperatura e mancata attuazione delle misure di sicurezza alimentare. Almeno un fattore contributivo è stato associato a ciascun focolaio di malattie di origine alimentare (Warmate e Onarinde, 2023).

Il fattore contribuente più segnalato è stato l'abuso di temperatura (Warmate e Onarinde, 2023). Questa evidenza suggerisce che il controllo della temperatura è un fattore critico nella prevenzione delle epidemie. I risultati indicano che può essere necessario più di un fattore per causare un focolaio e che tutti i fattori che contribuiscono possono non verificarsi in uno stabilimento. Ad esempio, la contaminazione potrebbe essere avvenuta in uno specifico ambiente (stabilimento di lavorazione della carne, stabilimento di servizi alimentari, negozio della catena di vendita al dettaglio, ecc.) diverso da quello dove sono avvenuti gli abusi sull'alimento che hanno permesso la sopravvivenza o la proliferazione dell'agente patogeno (ad esempio: abuso di temperatura, contaminazione crociata, ecc.).

Alcuni dei fattori segnalati che hanno contribuito alle epidemie classificati come "abuso di temperatura" includono il raffreddamento improprio, insufficienti temperatura o tempo durante la cottura, inadeguato mantenimento a caldo e temperatura o tempo insufficienti durante il riscaldamento del cibo. Oltre all'abuso di temperatura, è stata segnalata la contaminazione in diverse fasi della produzione e della preparazione della carne e dei suoi prodotti. Scarse pratiche igieniche (ambientali e personali), inappropriate GMP e la contaminazione crociata negli stabilimenti di lavorazione della carne hanno contribuito e influenzato il verificarsi di focolai di origine alimentare (Warmate e Onarinde, 2023). Altri fattori contributivi sono stati l'errata manipolazione o il maltrattamento della carne, il mancato rispetto di misure igieniche adeguate e la mancanza di consapevolezza in materia di sicurezza alimentare e di formazione degli addetti alla manipolazione degli alimenti (Warmate e Onarinde, 2023).

Questi fattori hanno contribuito a far sì che gli agenti patogeni venissero a contatto con gli alimenti e, in alcuni casi, a farli sopravvivere e moltiplicare fino a causare focolai di malattie di origine alimentare.

CONCLUSIONI

Sulla base dell'analisi dei risultati, diciotto agenti patogeni (di cui *Salmonella* il più segnalato) sono stati identificati da focolai di malattie di origine alimentare legati alla filiera delle carni. Tali focolai hanno causato 1729 epidemie, 41.438 malattie, 10.691 ricoveri e 10.063 decessi. Inoltre, è stato riferito che questi episodi epidemici hanno portato a richiami/ritiri di prodotto, con conseguente aumento dei costi per gli stabilimenti alimentari a causa dei tempi di inattività.

Oltre ai consumatori colpiti, questi focolai hanno avuto un impatto negativo di tipo socioeconomico sulle imprese e sui paesi coinvolti. È interessante notare che i focolai generati dalla contaminazione originata negli stabilimenti di lavorazione della carne hanno provocato la diffusione del patogeno attraverso la catena di approvvigionamento e colpendo un numero elevato di consumatori distribuiti in località geograficamente distanti con un enorme impatto sulla salute pubblica.

Dato che un focolaio di può essere prodotto da una combinazione di molteplici fattori, la prevenzione richiede approcci o misure di controllo in tutte le fasi della catena alimentare. Pertanto, è imperativo implementare solide strategie di gestione della sicurezza alimentare, che vanno dalla produzione agricola in azienda alla lavorazione, produzione e preparazione degli alimenti in tutti gli ambienti - commerciali, istituzionali e domestici.

In tale ambito, l'analisi dei risultati epidemiologici ha importanti implicazioni per migliorare i programmi di sicurezza alimentare, stabilire priorità basate su interventi preventivi per future epidemie e rafforzare le politiche di sicurezza alimentare, compresa la valutazione del rischio, in particolare nell'industria delle carni rosse.

Inoltre, poiché i risultati indicano che gli stabilimenti di lavorazione della carne rappresentano i principali luoghi di contaminazione delle carni con gli agenti patogeni, i mattatoi hanno un ruolo significativo nella implementazione di misure volte a ridurre i focolai in generale.

Tuttavia, è una responsabilità condivisa quella riguardante tutte le parti interessate all'interno della catena alimentare: dal campo alla tavola, ovvero agricoltori, trasformatori, distributori, rivenditori, ristoratori e consumatori. Quindi, tutti i soggetti coinvolti devono dare il loro

contributo per ridurre al minimo i rischi di incidenti di sicurezza alimentare garantendo un elevato livello di qualità nella produzione della carne che includa il mantenimento di adeguati standard igienici e controlli di processo durante la macellazione e la lavorazione degli alimenti. Di pari importanza è la necessità di un'adeguata informazione, formazione e supervisione degli operatori della produzione/manipolazione della carne sulle pratiche di manipolazione sicura degli alimenti per prevenire la contaminazione crociata e la moltiplicazione di agenti patogeni di origine alimentare. I risultati evidenziano anche la necessità di una maggiore e costante educazione dei consumatori sul rischio di malattie di origine alimentare associate alla carne, scoraggiando il consumo di prodotti crudi soprattutto da parte di soggetti ad alto rischio.

BIBLIOGRAFIA

- Ahn, E., Kang, H., 2018. *Introduction to systematic review and meta-analysis*. Korean J. Anesthesiol. 71 (2), 103.
- Alt, K., Simon, S., Helmeke, C., Kohlstock, C., Prager, R., Tietze, E., Rabsch, W., Karagiannis, I., Werber, D., Frank, C., Fruth, A., 2015. *Outbreak of uncommon O4 non-agglutinating salmonella typhimurium linked to minced pork, Saxony-Anhalt, Germany, january to april 2013*. Plos One 10 (6), e0128349.
- Althaus, D., Jermini, M., Giannini, P., Martinetti, G., Reinholz, D., NüeschInderbinen, M., Lehner, A., Stephan, R., 2017. *Local outbreak of listeria monocytogenes serotype 4b sequence type 6 due to contaminated meat p^hat'e*. Foodborne Pathog. Dis. 14 (4), 219–222.
- Antic, D., Houf, K., Michalopoulou, E., Blagojevic, B., 2021. *Beef abattoir interventions in a risk-based meat safety assurance system*. Meat Sci. 182, 108622.
- Awofisayo-okuyelu, A., Arunachalam, N., Dallman, T., Grant, A., Aird, H., McLauchlin, J., Painset, A., Amar, C., 2016. *An outbreak of human listeriosis in England between 2010 and 2012 associated with the consumption of pork pie*. J. Food Prot. 79 (5), 732–740.
- B'elanger, P., Tanguay, F., Hamel, M., Phypers, M., 2015. *Foodborne illness: an overview of foodborne outbreaks in Canada reported through outbreak summaries: 2008–2014*. Can. Commun. Dis. Rep. 41 (11), 254.
- Bennet, S.D., Walsh, K.A., Gould, L.H., 2013. *Foodborne disease outbreaks caused by Bacillus cereus, Clostridium perfringens, and Staphylococcus aureus—United States, 1998–2008*. Clin. Infect. Dis. 57 (3), 425–433.
- Bertrand, S., Dierick, K., Heylen, K., De Baere, T., Pochet, B., Robesyn, E., Lokietek, S., Van Meervenue, E., Imberechts, H., De Zutter, L., Collard, J.M., 2010. *Lessons learned from the management of a national outbreak of salmonella Ohio linked to pork meat processing and distribution*. J. Food Prot. 73 (3), 529–534.
- Bone, A., Noel, H., Le Hello, S., Pihier, N., Danan, C., Raguenaud, M.E., Salah, S., Bellali, H., Vaillant, V., Weill, F.X., Jourdan-da Silva, N., 2010. *Nationwide outbreak of*

- Salmonella enterica* serotype 4, 12: i:-infections in France, linked to dried pork sausage, March-May 2010. *Euro Surveill.* 15 (24), 19592.
- Braeye, T., Denayer, S., De Rauw, K., Forier, A., Verluyten, J., Fourie, L., Dierick, K., Botteldoorn, N., Quoilin, S., Cosse, P., Noyen, J., 2014. *Lessons learned from a textbook outbreak: EHEC-O157: H7 infections associated with the consumption of raw meat products, June 2012, Limburg, Belgium.* *Arch Public Health* 72 (1), 1–7.
- Brandwagt, D., van den Wijngaard, C., Tulen, A.D., Mulder, A.C., Hofhuis, A., Jacobs, R., Heck, M., Verbruggen, A., van den Kerkhof, H., Slegers-Fitz-James, I., MughiniGras, L., 2018. *Outbreak of Salmonella Bovismorbificans associated with the consumption of uncooked ham products, the Netherlands, 2016 to 2017.* *Euro Surveill.* 23 (1), 17–00335.
- Bremer, V., Leitmeyer, K., Jensen, E., Metzger, U., Meczulat, H., Weise, E., Werber, D., Tschaepé, H., Kreienbrock, L., Glaser, S., Ammon, A., 2004. *Outbreak of salmonella goldcoast infections linked to consumption of fermented sausage, Germany 2001.* *Epidemiol. Infect.* 132 (5), 881–887.
- Brusa, V., Restovich, V., Galli, L., Arias, R., Linares, L., Costa, M., Díaz, V.R., Pugin, D., Leotta, G., 2022. *Reduction of Shiga toxin-producing Escherichia coli in a beef abattoir.* *Food Sci. Technol. Int.* 28 (1), 50–59.
- Bruun, T., Sørensen, G., Forshell, L.P., Jensen, T., Nygård, K., Kapperud, G., Lindstedt, B. A., Berglund, T., Wingstrand, A., Petersen, R.F., Müller, L., Kjelsø, C., Ivarsson, S., Hjertqvist, M., Lofdahl, S., Ethelberg, S., 2009. *An outbreak of Salmonella typhimurium infections in Denmark, Norway and Sweden, 2008.* *Euro Surveill.* 14 (10), 9147.
- Bryan, F.L., 1980. *Foodborne diseases in the United States associated with meat and poultry.* *J. Food Prot.* 43 (2), 140–150.
- Bryan, F.L., Guzewich, J.J., Todd, E.C., 1997. *Surveillance of foodborne disease III. Summary and presentation of data on vehicles and contributory factors; their value and limitations.* *J. Food Prot.* 60 (6), 701–714.
- Buchholz, U., Brodhun, B., Brockmann, S.O., Dreweck, C.M., Prager, R., Tschaepé, H., Ammon, A., 2005. *An outbreak of salmonella München in Germany associated with raw pork meat.* *J. Food Prot.* 68 (2), 273–276.
- Buncic, S., Nychas, G.J., Lee, M.R., Koutsoumanis, K., Hebraud, M., Desvaux, M., et al., 2014. *Microbial pathogen control in the beef chain: recent research advances.* *Meat Sci.* 97 (3), 288–297.

- Butt, S., Smith-Palmer, A., Shand, A., McDonald, E., Allison, L., Maund, J., Fernandes, A., Vishram, B., Greig, D.R., Jenkins, C., Elson, R., 2021. *Evidence of on-going transmission of Shiga toxin-producing Escherichia coli O157: H7 following a foodborne outbreak. Epidemiol. Infect.* 1–25.
- Byrne, L., Kaindama, L., Bentley, M., Jenkins, C., Aird, H., Oliver, I., Paranthaman, K., 2020. *Investigation into a national outbreak of STEC O157: H7 associated with frozen beef burgers, UK, 2017. Epidemiol. Infect.* 148.
- Centres for Disease Control and Prevention (CDC), 2002. *Multistate outbreak of Escherichia coli O157: H7 infections associated with eating ground beef—United States, June–July 2002. Morb. Mortal. Wkly Rep.* 51 (29), 637–639.
- Centres for Disease Control and Prevention (CDC), 2008. *Multistate outbreak of salmonella infections associated with frozen pot pies—United States, 2007. Morb. Mortal. Wkly Rep.* 57 (47), 1277–1280.
- Centres for Disease Control and Prevention (CDC), 2010. *Two multistate outbreaks of Shiga toxin-producing Escherichia coli infections linked to beef from a single slaughter facility—United States, 2008. Morb. Mortal. Wkly Rep.* 59 (18), 57–560.
- Centres for Disease Control and Prevention (CDC), 2011. *Foodborne Burden.* Available from. <https://www.cdc.gov/foodborneburden/burden>.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 2013. *National enteric disease surveillance: botulism surveillance overview.* Available from. <https://www.cdc.gov/botulism/surveillance.html>.
- Centres for Disease Control and Prevention (CDC), 2022b. *Prevent Illness From C. Perfringens.* available from https://www.cdc.gov/foodsafety/diseases/clostridium_perfringens.html.
- Centres for Disease Control and Prevention (CDC), 2022a. *National outbreak reporting systems.* Available from: <https://www.cdc.gov/nors/index.html>.
- Conedera, G., Mattiazzi, E., Russo, F., Chiesa, E., Scorzato, I., Grandesso, S., Bessegato, A., Fioravanti, A., Caprioli, A., 2007. *A family outbreak of Escherichia coli O157 haemorrhagic colitis caused by pork meat salami. Epidemiol. Infect.* 135 (2), 311–314.
- Cortes-Blanco, M., García-Cabanas, A., Guerra-Peguero, F., Ramos-Aceitero, J.-M., Herrera-Guibert, D., Martínez Navarro, J.F., 2002. *Outbreak of trichinellosis in C'aceres, Spain, December 2001–February 2002. Euro Surveill.* 7 (10), 2–5.

- Costa, M., Pracca, G., Sucari, A., Galli, L., Ibarogoyen, J., Gentiluomo, J., et al., 2020. *Comprehensive evaluation and implementation of improvement actions in bovine abattoirs to reduce pathogens exposure*. *Prev. Vet. Med.* 176, 104933.
- Currie, A., Honish, L., Cutler, J., Locas, A., Lavoie, M.C., Gaulin, C., Galanis, E., Tschetter, L., Chui, L., Taylor, M., Jamieson, F., 2019. *Outbreak of Escherichia coli O157: H7 infections linked to mechanically tenderised beef and the largest beef recall in Canada, 2012*. *J. Food Prot.* 82 (9), 1532–1538.
- Dahl, V., Sundqvist, L., Hedenstrom, " I., Lofdahl, " M., Alm, E., Ringberg, H., Lindblad, M., Wallensten, A., Thisted Lambertz, S., Jernberg, C., 2017. *A nationwide outbreak of listeriosis associated with cold-cuts, Sweden 2013–2014*. *Infect. Ecol. Epidemiol.* 7 (1), 1324232.
- Dalcin, D., Zarlenga, D.S., Larter, N.C., Hoberg, E., Boucher, D.A., Merrifield, S., Lau, R., Ralevski, F., Cheema, K., Schwartz, K.L., Boggild, A.K., 2017. *Trichinella nativa outbreak with rare thrombotic complications associated with meat from a black bear hunted in northern Ontario*. *Clin. Infect. Dis.* 64 (10), 1367–1373.
- Dechet, A.M., Scallan, E., Gensheimer, K., Hoekstra, R., Gunderman-King, J., Lockett, J., Wrigley, D., Chege, W., Sobel, J., Multistate Working Group, 2006. *Outbreak of multidrug-resistant Salmonella enterica serotype Typhimurium definitive type 104 infection linked to commercial ground beef, northeastern United States, 2003– 2004*. *Clin. Infect. Dis.* 42 (6), 747–752.
- Delpech, V., McAnulty, J., Morgan, K., 1998. *A salmonellosis outbreak linked to internally contaminated pork meat*. *Aust. N. Z. J. Public Health* 22 (2), 243–246.
- DeWaal, C.S., Hicks, G., Barlow, K., Alderton, L., Vegosen, L., 2006. *Foods associated with foodborne illness outbreaks from 1990 through 2003*. *Food Prot. Trends* 26 (7), 466–473.
- Dickson, J.S., Acuff, G.R., 2017. *Maintaining the safety and quality of beef carcass meat*. In: *Acuff, G.R., Dickson, J.S. (Eds.), Ensuring Safety and Quality in the Production of Beef*. Burleigh Dodds Science Publishing, Cambridge, pp. 145–167.
- Dmitric, M., Debeljak, Z., Vidanovic, D., Sekler, M., Vaskovic, N., Matovic, K., Karabasil, N., 2018. *Trichinella britovi in game meat linked to human trichinellosis outbreak in Serbia*. *J. Parasitol.* 104 (5), 557–559.
- Doorduyn, Y., De Jager, C.M., Van Der Zwaluw, W.K., Friesema, I.H., Heuvelink, A.E., De Boer, E., Wannet, W.J.B., van Duynhoven, Y.T.H.P., 2006. *Shiga toxin-producing*

- Escherichia coli* (STEC) O157 outbreak, the Netherlands, September–October 2005. Euro Surveill. 11 (7), 5–6.
- Dupouy-Camet, J., Lecam, S., Talabani, H., Ancelle, T., 2009. *Trichinellosis acquired in Senegal from warthog ham, march 2009*. Euro Surveill. 14 (21), 19220.
- Duranti, A., Sabbatucci, M., Blasi, G., Acciari, V.A., Ancora, M., Bella, A., Busani, L., Centorame, P., Camma, C., Conti, F., De Medici, D., 2018. *A severe outbreak of listeriosis in Central Italy with a rare pulsotype associated with processed pork products*. J. Med. Microbiol. 67 (9), 1351–1360.
- ECDC, EFSA (European Centre for Disease Prevention and Control, European Food Safety Authority), 2019. *Multi-country outbreak of Listeria monocytogenes sequence type 6 infections linked to ready-to-eat meat products – 25 November 2019*. Available from: <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/rapid-outbreak-assessment-multi-country-outbreak-listeria-monocytogenes-sequence>.
- EFSA (European Food Safety Authority), 2010. *Guidance for those carrying out systematic reviews. Application of systematic review methodology to food and feed safety assessments to support decision making*. EFSA J. 8 (6), 1637.
- Ethelberg, S., Smith, B., Torpdahl, M., Lisby, M., Boel, J., Jensen, T., Nielsen, E.M., Mølbak, K., 2009. *Outbreak of non-O157 Shiga toxin-producing Escherichia coli infection from consumption of beef sausage*. Clin. Infect. Dis. 48 (8), 78–81.
- Ethelberg, S., Sørensen, G., Kristensen, B., Christensen, K., Krusell, L., HempelJørgensen, A., Perge, A., Nielsen, E.M., 2007. *Outbreak with multi-resistant salmonella typhimurium DT104 linked to carpaccio, Denmark, 2005*. Epidemiol. Infect. 135 (6), 900–907.
- European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC), 2022. *Trichinellosis*. Available from: <https://www.ecdc.europa.eu/en/trichinellosis/facts>.
- European Food Safety Authority (EFSA), 2022. *Zoonotic Disease: Salmonella (Fact Sheet)*. Available from: <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/salmonella>.
- European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC), 2022. *Monitoring and Reporting Data and Trends*. Available from: <https://ecdc.europa.eu/en/publications-data>.
- Faber, M., Schink, S., Mayer-Scholl, A., Ziesch, C., Schonfelder, R., WichmannSchauer, H., Stark, K., Nockler, K., 2015. *Outbreak of trichinellosis due to wild boar meat and evaluation of the effectiveness of post exposure prophylaxis, Germany, 2013*. Clin. Infect. Dis. 60 (12), 98–104.

- Feitz, W.J., Bouwmeester, R., van der Velden, T.J., Goorden, S., Licht, C., van den Heuvel, L.P., van de Kar, N.C., 2021. *The Shiga toxin receptor globotriaosylceramide as a therapeutic target in Shiga toxin E. coli mediated HUS*. *Microorganisms* 9 (10), 2157.
- Feng, L., Chen, X., Liu, S., Zhou, Z., Yang, R., 2015. *Two-family outbreak of botulism associated with the consumption of smoked ribs in Sichuan Province China*. *Int. J. Infect. Dis* 30, 74–77.
- Freidl, G., Schoss, S., Te Wierik, M., Heck, M., Tolsma, P., Urbanus, A., Slegers-FitzJames, I., Friesema, I., 2018. *Tracing back the source of an outbreak of Salmonella typhimurium; national outbreak linked to the consumption of raw and undercooked beef products, the Netherlands, October to December 2015*. *PLoS Curr.* 10 (2018) <https://doi.org/10.1371/2Fcurrents.outbreaks.1c667d62b51eb9840f5f7eb617e56bc1>.
- Friesema, I.H., Schimmer, B., Ros, J.A., Ober, H.J., Heck, M.E., Swaan, C.M., de Jager, C. M., Peran i Sala, R.M., van Pelt, W., 2012. *A regional Salmonella enterica serovar Typhimurium outbreak associated with raw beef products, The Netherlands, 2010*. *Foodborne Pathog. Dis.* 9 (2), 102–107.
- FAO (Food and Agriculture Organisation of the United Nations), 2019. *Market and trade commodities/intergovernmental group on meat and dairy products* <https://www.fao.org/markets-and-trade/commodities/meat/intergovernmental-group-on-meat-and-dairy-products/en/>.
- FSA (Food Standard Agency), 2019 & 2020. *Food incidents, product withdrawals and recalls*. Last updated 31 December 2020. <https://www.food.gov.uk/business-guidance/food-incidents-product-withdrawals-and-recalls>.
- FSANZ (Food Standards Australia & New Zealand), 2021. *Food Incidents*. <https://www.foodstandards.gov.au/industry/foodrecalls/Pages/Food-Incidents.aspx>.
- Furukawa, I., Suzuki, M., Masaoka, T., Nakajima, N., Mitani, E., Tasaka, M., Teranishi, H., Matsumoto, Y., Koizumi, M., Ogawa, A., Oota, Y., 2018. *An outbreak of enterohemorrhagic Escherichia coli O157: H7 infection associated with minced meat cutlets in Kanagawa, Japan*. *Jpn. J. Infect. Dis.* 71 (6), 436–441.
- Gaulin, C., Ramsay, D., Thivierge, K., Tataryn, J., Courville, A., Martin, C., Cunningham, P., D'ésilets, J., Morin, D., Dion, R., 2020. *Acute toxoplasmosis among Canadian deer hunters associated with consumption of undercooked deer meat hunted in the United States*. *Emerg. Infect. Dis.* 26 (2), 199.
- Gossner, C.M., Van Cauteren, D., Le Hello, S., Weill, F.X., Terrien, E., Tessier, S., Janin, C., Brisabois, A., Dusch, V., Vaillant, V., Jourdan-da Silva, N., 2012. *Nationwide*

- outbreak of salmonella enterica serotype 4, [5], 12: i:-infection associated with consumption of dried pork sausage, France, November to December 2011*. Euro Surveill. 17 (5), 20071.
- Govender, R., Naidoo, D., Buys, E.M., 2013. *Managing meat safety at south african abattoirs*. Int. J. Agric. Biol. Sci. Eng. 7, 3843.
- Graham, C., Whyte, R., Gilpin, B., Cornelius, A., Hudson, J.A., Morrison, D., Graham, H., Nicol, C., 2005. *Outbreak of campylobacteriosis following pre-cooked sausage consumption*. Aust. N. Z. J. Public Health 29 (6), 507–510.
- Grahek-Ogden, D., Schimmer, B., Cudjoe, K.S., Nygård, K., Kapperud, G., 2007. *Outbreak of yersinia enterocolitica serogroup O:9 infection and processed pork Norway*. Emerg. Infect. Dis 13 (5), 754.
- Grant, M.J., Booth, A., 2009. *A typology of reviews: an analysis of 14 review types and associated methodologies*. Health Inf. Libr. J. 26 (2), 91–108.
- Greenland, K., De Jager, C., Heuvelink, A., Van Der Zwaluw, K., Heck, M., Notermans, D., Van Pelt, W., Friesema, I., 2009. *Nationwide outbreak of STEC O157 infection in the Netherlands, december 2008-january 2009: continuous risk of consuming raw beef products*. Euro Surveill. 14 (8), 19129.
- Guillois, Y., Abravanel, F., Miura, T., Pavio, N., Vaillant, V., Lhomme, S., Le Guyader, F. S., Rose, N., Le Saux, J.C., King, L.A., Izopet, J., 2016. *High proportion of asymptomatic infections in an outbreak of hepatitis E associated with a spit-roasted piglet, France, 2013*. Clin. Infect. Dis. 62 (3), 351–357.
- Heaton, D., Huang, S., Shiau, R., Casillas, S., Straily, A., Kong, L.K., Ng, V., Petru, V., 2018. *Trichinellosis outbreak linked to consumption of privately raised raw boar meat—California, 2017*. Morb. Mortal. Wkly Rep. 67 (8), 247.
- Helmuth, I.G., Espenhain, L., Ethelberg, S., Jensen, T., Kjeldgaard, J., Litrup, E., Schjørring, S., Müller, L., 2019. *An outbreak of monophasic salmonella typhimurium associated with raw pork sausage and other pork products, Denmark 2018–19*. Epidemiol. Infect. 147 (315), 1–7.
- Hess, I.M.R., Neville, L.M., McCarthy, R., Shadbolt, C.T., McAnulty, J.M., 2008. *Salmonella typhimurium 197 outbreak linked to the consumption of lambs' liver in Sydney, NSW*. Epidemiol. Infect. 136 (4), 461–467.
- Holzbauer, S.M., Agger, W.A., Hall, R.L., Johnson, G.M., Schmitt, D., Garvey, A., Bishop, H.S., Rivera, H., De Almeida, M.E., Hill, D., Stromberg, B.E., 2014. *Outbreak of*

- Trichinella spiralis* infections associated with a wild boar hunted at a game farm in Iowa. Clin. Infect. Dis. 59 (12), 1750–1756.
- Hussain, M.A., Dawson, C.O., 2013. Economic impact of food safety outbreaks on food businesses. Foods 2 (4), 585–589.
- Jager, C.De, Heuvelink, A., Zwaluw, K.Van Der, Heck, M., Notermans, D., Pelt, W.Van, Friesema, I., 2009. Nationwide outbreak of STEC O157 infection in the Netherlands, December 2008-January 2009: continuous risk of consuming raw beef products. Euro Surveill. 14 (8), 7–10.
- Jay, M.T., Garrett, V., Mohle-Boetani, J.C., Barros, M., Farrar, J.A., Rios, R., Abbott, S., Sowadsky, R., Komatsu, K., Mandrell, R., Sobel, J., 2004. A multistate outbreak of *Escherichia coli* O157: H7 infection linked to consumption of beef tacos at a fast food restaurant chain. Clin. Infect. Dis. 39 (1), 1–7.
- Jeffer, S.B., Kassem, I.I., Kharroubi, S.A., Abebe, G.K., 2021. Analysis of food safety management systems in the beef meat processing and distribution chain in Uganda. Foods 10 (10), 2244.
- Jones, G., Pihier, N., Vanbockstael, C., Le Hello, S., Cadel Six, S., Fournet, N., Jourdan-Da Silva, N., 2016. Outbreak of *Salmonella* Enteritidis linked to the consumption of frozen beefburgers received from a food bank and originating from Poland: Northern France, December 2014 to April 2015. Euro Surveill. 21 (40).
- Jones, R.C., Reddy, V., Kornstein, L., Fernandez, J.R., Stavinsky, F., Agasan, A., Gerber, S. I., 2004. *Salmonella enterica* serotype Uganda infection in New York City and Chicago. Emerg. Infect. Dis. 10 (9), 1665.
- Kawakami, V., Bottichio, L., Lloyd, J., Carleton, H., Leeper, M., Olson, G., Li, Z., Kissler, B., Angelo, K.M., Whitlock, L., Sinatra, J., 2019. Multidrug-resistant *Salmonella* I 4,[5], 12: i:– and *Salmonella infantis* infections linked to whole roasted pigs from a single slaughter and processing facility. J. Food Prot. 82 (9), 1615–1624.
- Kennedy, T.G., Giotis, E.S., McKeivitt, A.I., 2014. Microbial assessment of an upward and downward dehiding technique in a commercial beef processing plant. Meat Sci. 97 (4), 486–489.
- King, L.A., Loukiadis, E., Mariani-Kurkdjian, P., Haeghebaert, S., Weill, F.X., Baliere, C., Ganet, S., Gouali, M., Vaillant, V., Pihier, N., Callon, H., 2014. Foodborne transmission of sorbitol-fermenting *Escherichia coli* O157: [H7] via ground beef: an outbreak in northern France, 2011. Clin. Microbiol. Infect. 20 (12), 1136–1144.

- King, L.A., Mailles, A., Mariani-Kurkdjian, P., Vernozy-Rozand, C., Montet, M.P., Grimont, F., Pihier, N., Devalk, H., Perret, F., Bingen, E., Espi'c, E., 2009. *Community-wide outbreak of Escherichia coli O157: H7 associated with consumption of frozen beef burgers*. *Epidemiol. Infect.* 137 (6), 889–896.
- Kitchenham, B., 2004. *In: Procedures for performing systematic reviews*, 33. Keele University, Keele, UK, pp. 1–26, 2004.
- Kivi, M., Hofhuis, A., Notermans, D.W., Wannet, W.J.B., Heck, M.E.O.C., Van De Giessen, A.W., Van Duynhoven, Y.T.H.P., Stenvers, O.F.J., Bosman, A., Van Pelt, W., 2007. *A beef-associated outbreak of salmonella typhimurium DT104 in the Netherlands with implications for national and international policy*. *Epidemiol. Infect.* 135 (6), 890–899.
- Lachmann, R., Halbedel, S., Adler, M., Becker, N., Allerberger, F., Holzer, A., Boone, I., Falkenhorst, G., Kleta, S., Al Dahouk, S., Stark, K., 2021. *Nationwide outbreak of invasive listeriosis associated with consumption of meat products in health care facilities, Germany, 2014–2019*. *Clin. Microbiol. Infect.* 27 (7), 1035–e1.
- Lianou, A., Panagou, E.Z., Nychas, G.J.E., 2017. *Meat safety—I foodborne pathogens other biological issues*. In: *Lawrie's Meat Science*. Woodhead Publishing, pp. 521–552.
- Limon, G., Ulziibat, G., Sandag, B., Dorj, S., Purevtseren, D., Khishgee, B., Basan, G., Bandi, T., Ruuragch, S., Bruce, M., Rushton, J., 2020. *Socio-economic impact of foot-and-mouth disease outbreaks and control measures: an analysis of Mongolian outbreaks in 2017*. *Transbound. Emerg. Dis.* 67 (5), 2034–2049.
- Luzzi, I., Galetta, P., Massari, M., Rizzo, C., Filetici, E., Cawthorne, A., Tozzi, A., Argentieri, A., Bilei, S., Busani, L., Gnesivo, C., Pendenza, A., Piccoli, A., Napoli, P., Loffredo, R., Trinito, M.O., Santarelli, E., Atti, M.L., Dionisi, A.M., 2007. *An Eastern outbreak of Salmonella typhimurium DT104A associated with traditional pork salami in Italy*. *Euro Surveill.* 12 (4), 11–12.
- Malek, M., Barzilay, E., Kramer, A., Camp, B., Jaykus, L.A., Escudero-Abarca, B., Derrick, G., White, P., Gerba, C., Higgins, C., Vinje, J., 2009. *Outbreak of norovirus infection among river rafters associated with packaged delicatessen meat, grand canyon, 2005*. *Clin. Infect. Dis.* 48 (1), 31–37.
- Maurella, C., Gallina, S., Ru, G., Adriano, D., Bellio, A., Bianchi, D.M., Chiavacci, L., Crescio, M.I., Croce, M., D'Errico, V., Dupont, M.F., 2018. *Outbreak of febrile gastroenteritis caused by listeria monocytogenes 1/2a in sliced cold beef ham, Italy, may 2016*. *EuroSurveill.* 23 (10), 17-00155.

- McEvoy, J.M., Doherty, A.M., Finnerty, M., Sheridan, J.J., McGuire, L., Blair, I.S., McDowell, D.A., Harrington, D., 2000. *The relationship between hide cleanliness and bacterial numbers on beef carcasses at a commercial abattoir*. Appl. Microbiol. 30 (5), 390–395.
- McLaughlin, J.B., Castrodale, L.J., Gardner, M.J., Ahmed, R., Gessner, B.D., 2006. *Outbreak of multidrug-resistant Salmonella typhimurium associated with ground beef served at a school potluck*. J. Food Prot. 69 (3), 666–670.
- Mead, P.S., Dunne, E.F., Graves, L., Wiedmann, M., Patrick, M., Hunter, S., Salehi, E., Mostashari, F., Craig, A., Mshar, P., Bannerman, T., 2006. *Nationwide outbreak of listeriosis due to contaminated meat*. Epidemiol. Infect. 134 (4), 744–751.
- Messiaen, P., Forier, A., Vanderschueren, S., Theunissen, C., Nijs, J., Van Esbroeck, M., Bottieau, E., De Schrijver, K., Gyssens, I.C., Cartuyvels, R., Dorny, P., 2016. *Outbreak of trichinellosis related to eating imported wild boar meat, Belgium, 2014*. Euro Surveill. 21 (37), 30341.
- Min, M., Bai, L., Peng, X., Guo, L., Wan, K., Qiu, Z., 2021. *An outbreak of botulinum types A, B, and E associated with vacuum-packaged salted fish and ham*. J. Emerg. Med. 60 (6), 760–763.
- Møller, L.N., Petersen, E., Kapel, C.M.O., Melbye, M., Koch, A., 2005. *Outbreak of trichinellosis associated with consumption of game meat in West Greenland*. Vet. Parasitol. 132 (1–2 SPEC. ISS.), 131–136.
- Nakanwagi, M., Ario, A.R., Kwagonza, L., Aceng, F.L., Mwesigye, J., Bulage, L., Buule, J., Sendagala, J.N., Downing, R., Zhu, B.P., 2020. *Outbreak of gastrointestinal anthrax following eating beef of suspicious origin: Isingiro District, Uganda, 2017*. PLoS Negl. Trop. Dis. 14 (2), 8026.
- Needleman, I.G., 2002. *A guide to systematic reviews*. J. Clin. Periodontol. 29, 6–9. Nel, S., Lues, J.F.R., Buys, E.M., Venter, P., 2004. *Bacterial populations associated with meat from the deboning room of a high throughput red meat abattoir*. Meat Sci. 66 (3), 667–674.
- Nelson, M., Wright, T.L., Pierce, A., Krogwold, R.A., 2003. *A common-source outbreak of trichinosis from consumption of bear meat*. J. Environ. Health 65, 16–19.
- Noel, H., Dominguez, M., Weill, F.X., Brisabois, A., Duchazeaubeneix, C., Kerouanton, A., Delmas, G., Pihier, N., Couturier, E., 2006. *Outbreak of salmonella enterica serotype Manhattan infection associated with meat products, France, 2005*. Euro Surveill. 11 (11), 9–10.

- Nørrung, B., Andersen, J.K., Buncic, S., 2009. *Main concerns of pathogenic microorganisms in meat*. In: Toldra, F. (Ed.), *Safety of Meat and Processed Meat*. Food Microbiology and Food Safety, Springer, New York, NY, pp. 3–29.
- Okpo, E., Leith, J., Smith-Palmer, A., Bell, J., Parks, D., Browning, F., Byers, L., Corrigan, H., Webster, D., Karcher, A.M., Murray, A., 2015. *An outbreak of an unusual strain of Listeria monocytogenes infection in north-East Scotland*. J. Infect. Public Health 8 (6), 612–618.
- Omer, M.K., Alvarez-Ordóñez, A., Prieto, M., Skjerve, E., Asehun, T., Alvseike, O.A., 2018. *A systematic review of bacterial foodborne outbreaks related to red meat and meat products*. Foodborne Pathog. Dis. 15 (10), 598–611.
- Pichler, J., Much, P., Kasper, S., Fretz, R., Auer, B., Kathan, J., Mann, M., Huhulescu, S., Ruppitsch, W., Pietzka, A., Silberbauer, K., 2009. *An outbreak of febrile gastroenteritis associated with jellied pork contaminated with listeria monocytogenes*. Wien. Klin. Wochenschr. 121 (3), 149–156.
- Plumb, I.D., Schwensohn, C.A., Gieraltowski, L., Tecele, S., Schneider, Z.D., Freiman, J., Cote, A., Noveroske, D., Kolsin, J., Brandenburg, J., Chen, J.C., 2019. *Outbreak of salmonella Newport infections with decreased susceptibility to azithromycin linked to beef obtained in the United States and soft cheese obtained in Mexico - United States, 2018–2019*. Morb. Mortal. Wkly Rep. 68 (33), 713.
- Popovic-Dragonjic, L., Kocic, I., 2018. *An outbreak of human trichinellosis in the village of subotinac near the town of Aleksinac*. Acta Fac. Med. 35 (2), 140–148.
- Raguenaud, M.E., Le Hello, S., Salah, S., Weill, F.X., Brisabois, A., Delmas, G., Germonneau, P., 2012. *Epidemiological and microbiological investigation of a large outbreak of monophasic Salmonella Typhimurium 4, 5, 12: i: - in schools associated with imported beef in Poitiers, France, October 2010*. Euro Surveill. 17 (40), 20289.
- European Communicable Disease Bulletin. Rasmussen University Learning & Library Services, 2018. Lecture [video]. Available from <https://www.youtube.com/watch?v=CfUdu6ribSU&list=PLgJOrvdmou059nFj5Znx8qgToV8FknRL&index=1&t=105s>.
- Reiterova, K., Kincekova, J., Snabel, V., Marucci, G., Pozio, E., Dubinský, P., 2007. *Trichinella spiralis-outbreak in the Slovak Republic*. Infection 35 (2), 89–93.
- Rivas, L., Dupont, P.Y., Wilson, M., Rohleder, M., Gilpin, B., 2019. *An outbreak of multiple genotypes of Listeria monocytogenes in New Zealand linked to contaminated ready-to-*

- eat meats—a retrospective analysis using whole-genome sequencing*. Lett. Appl. Microbiol. 69 (6), 392–398.
- Rivero-Juarez, A., Frias, M., Martinez-Peinado, A., Risalde, M.A., Rodriguez-Cano, D., Camacho, A., García-Bocanegra, I., Cuenca-Lopez, F., Gomez-Villamandos, J.C., Rivero, A., 2017. *Familial hepatitis E outbreak linked to wild boar meat consumption*. Zoonoses Public Health 64 (7), 561–565.
- Robertson, K., Green, A., Allen, L., Ihry, T., White, P., Chen, W.S., Douris, A., Levine, J., 2016. *Foodborne outbreaks reported to the US Food Safety and Inspection Service, fiscal years 2007 through 2012*. J. Food Prot. 79 (3), 442–447.
- Robesyn, E., De Schrijver, K., Wollants, E., Top, G., Verbeeck, J., Van Ranst, M., 2009. *An outbreak of hepatitis a associated with the consumption of raw beef*. J. Clin. Virol. 44 (3), 207–210.
- Rounds, J.M., Rigdon, C.E., Muhl, L.J., Forstner, M., Danzeisen, G.T., Koziol, B.S., Taylor, C., Shaw, B.T., Short, G.L., Smith, K.E., 2012. *Non-O157 Shiga toxin-producing Escherichia coli associated with venison*. Emerg. Infect. Dis. 18 (2), 279.
- Ruetsch, C., Delaunay, P., Armengaud, A., Peloux-Petiot, F., Dupouy-Camet, J., Vall’ee, I., Polack, B., Boireau, P., Marty, P., 2016. *Inadequate labeling of pork sausages prepared in Corsica causing a trichinellosis outbreak in France*. Parasite 23 (2016).
- Sartz, L., De Jong, B., Hjertqvist, M., Plym-Forshell, L., Alsterlund, R., Lofdahl, S., Osterman, B., Ståhl, A., Eriksson, E., Hansson, H.B., Karpman, D., 2008. *An outbreak of Escherichia coli O157: H7 infection in southern Sweden associated with consumption of fermented sausage; aspects of sausage production that increase the risk of contamination*. Epidemiol. Infect. 136 (3), 370–380.
- Scavia, G., Ciaravino, G., Luzzi, I., Lenglet, A., Ricci, A., Barco, L., Pavan, A., Zaffanella, F., Dionisi, A.M., 2013. *A multistate epidemic outbreak of salmonella goldcoast infection in humans, june 2009 to march 2010: the investigation in Italy*. Euro Surveill. 18 (11), 20424.
- Schellenberg, R.S., Tan, B.J., Irvine, J.D., Stockdale, D.R., Gajadhar, A.A., Serhir, B., Botha, J., Armstrong, C.A., Woods, S.A., Blondeau, J.M., McNab, T.L., 2003. *An outbreak of trichinellosis due to consumption of bear meat infected with trichinella nativa in 2 northern Saskatchewan communities*. J. Infect. Dis. 188 (6), 835–843.
- Schielke, A., Rabsch, W., Prager, R., Simon, S., Fruth, A., Helling, R., Schnabel, M., Sifczek, C., Wiczorek, S., Schroeder, S., Ahrens, B., 2017. *Two consecutive large*

- outbreaks of salmonella Muenchen linked to pig farming in Germany, 2013 to 2014: is something missing in our regulatory framework?* Euro Surveill. 22 (18), 30528.
- Schimmer, B., Nygard, K., Eriksen, H.M., Lassen, J., Lindstedt, B.A., Brandal, L.T., Kapperud, G., Aavitsland, P., 2008. *Outbreak of haemolytic uraemic syndrome in Norway caused by stx 2-positive Escherichia coli O103: H25 traced to cured mutton sausages.* BMC Infect. Dis. 8 (1), 1–10.
- Schneider, J.L., White, P.L., Weiss, J., Norton, D., Lidgard, J., Gould, L.H., Yee, B., Vugia, D.J., Mohle-Boetani, J., 2011. *Multistate outbreak of multidrug-resistant salmonella Newport infections associated with ground beef, October to December 2007.* J. Food Prot. 74 (8), 1315–1319.
- Schroeder, S., Harries, M., Prager, R., Hofig, A., Ahrens, B., Hoffmann, L., Rabsch, W., Mertens, E., Rimek, D., 2016. *A prolonged outbreak of salmonella infantis associated with pork products in Central Germany, April–October 2013.* Epidemiol. Infect. 144 (7), 1429–1439.
- Schumacher, A.C., Elbadawi, L.I., DeSalvo, T., Straily, A., Ajzenberg, D., Letzer, D., Moldenhauer, E., Handly, T.L., Hill, D., Dard'e, M.L., Pomares, C., 2021. *Toxoplasmosis outbreak associated with toxoplasma gondii-contaminated venison—high attack rate, unusual clinical presentation, and atypical genotype.* Clin. Infect. Dis. 72 (9), 1557–1565.
- Shang, X., Tonsor, G.T., 2017. *Food safety recall effects across meat products and regions.* Food Policy 69, 145–153.
- Sharma, R.K., Raghavendra, N., Mohanty, S., Tripathi, B.K., Gupta, B., Goel, A., 2014. *Clinical & biochemical profile of richinellosis outbreak in North India.* Indian J. Med. Res. 140 (3), 414.
- Smith, A.M., Tau, N.P., Smouse, S.L., Allam, M., Ismail, A., Ramalwa, N.R., Disenyeng, B., Ngomane, M., Thomas, J., 2019. *Outbreak of listeria monocytogenes in South Africa, 2017–2018: laboratory activities and experiences associated with whole-genome sequencing analysis of isolates.* Foodborne Pathog. Dis. 16 (7), 524–530.
- Smith, B., Larsson, J.T., Lisby, M., Müller, L., Madsen, S.B., Engberg, J., Bangsberg, J., Ethelberg, S., Kemp, M., 2011. *Outbreak of listeriosis caused by infected beef meat from a meals-on-wheels delivery in Denmark 2009.* Clin. Microbiol. Infect. 17 (1), 50–52.
- Smith-Palmer, A., Hawkins, G., Browning, L., Allison, L., Hanson, M., Bruce, R., McElhiney, J., Horne, J., 2018. *Outbreak of Escherichia coli O157 phage type 32*

- linked to the consumption of venison products*. Epidemiol. Infect. 146 (15), 1922–1927.
- Sofos, J.N., 2008. *Challenges to meat safety in the 21st century*. Meat Sci. 78 (1–2), 3–13.
- Tada, K., Suzuki, H., Sato, Y., Morishima, Y., Nagano, I., Ishioka, H., Gomi, H., 2018. *Outbreak of trichinella T9 infections associated with consumption of bear meat Japan*. Emerg. Infect. Dis. 24 (8), 1532–1535.
- Thomas, J., Govender, N., McCarthy, K.M., Erasmus, L.K., Doyle, T.J., Allam, M., Ismail, A., Ramalwa, N., Sekwadi, P., Ntshoe, G., Shonhiwa, A., 2020. *Outbreak of listeriosis in South Africa associated with processed meat*. N. Engl. J. Med. 382 (7), 632–643.
- Torso, L.M., Voorhees, R.E., Forest, S.A., Gordon, A.Z., Silvestri, S.A., Kissler, B., Schlackman, J., Sandt, C.H., Toma, P., Bachert, J., Mertz, K.J., 2015. *Escherichia coli O157: H7 outbreak associated with restaurant beef grinding*. J. Food Prot. 78 (7), 1272–1279.
- Trotz-Williams, L.A., Mercer, N.J., Walters, J.M., Maki, A.M., Johnson, R.P., 2012. *Pork implicated in a Shiga toxin-producing Escherichia coli O157:H7 outbreak in Ontario Canada*. Can. J. Public Health 103 (5), 322–326.
- Tsheten, T., Tshering, D., Gyem, K., Dorji, S., Wangchuk, S., Tenzin, T., Norbu, L., Jamtsho, T., 2016. *An outbreak of Aeromonas hydrophila food poisoning in deptsang village, Samdrup Jongkhar, Bhutan, 2016*. J. Res. Health Sci. 16 (4), 224.
- Turiac, I.A., Cappelli, M.G., Olivieri, R., Angelillis, R., Martinelli, D., Prato, R., Fortunato, F., 2017. *Trichinellosis outbreak due to wild boar meat consumption in southern Italy*. Parasit. Vectors 10 (1), 107.
- Uetani, K., Nakayama, T., Ikai, H., Yonemoto, N., Moher, D., 2009. *Quality of reports on randomised controlled trials conducted in Japan: evaluation of adherence to the CONSORT statement*. Intern. Med. 48 (5), 307–313.
- Urfer, E., Rossier, P., Mean, F., Krending, M.J., Burnens, A., Bille, J., Francioli, P., Zwahlen, A., 2000. *Outbreak of salmonella braenderup gastroenteritis due to contaminated meat pies: clinical and molecular epidemiology*. Clin. Microbiol. Infect. 6 (10), 536–542.
- Van De, N., Trung, N.V., Ha, N.H., Nga, V.T., Ha, N.M., Thuy, P.T., Chai, J.Y., 2012. *An outbreak of trichinosis with molecular identification of Trichinella sp. in Vietnam*. Korean J. Parasitol. 50 (4), 339.
- Vogt, R.L., Dippold, L., 2005. *Escherichia coli O157:H7 outbreak associated with consumption of ground beef, june-july 2002*. Public Health Rep. 120 (2), 174–178.

- Wahl, E., Rømme, S., Granum, P.E., 2013. *A Clostridium perfringens outbreak traced to temperature-abused beef stew, Norway, 2012*. Euro Surveill. 18 (9), 1–6.
- Warmate, D., Onarinde, B.A., 2023. Food safety incidents in the red meat industry: A review of foodborne disease outbreaks linked to the consumption of red meat and its products, 1991 to 2021. Internat. J. Food Microbiol. 398, 110240.
- Whelan, J., Noel, H., Friesema, I., Hofhuis, A., de Jager, C.M., Heck, M., Heuvelink, A., van Pelt, W., 2010. *National outbreak of salmonella typhimurium (Dutch) phagetype 132 in the Netherlands, October to December 2009*. Euro Surveill. 15 (44), 19705.
- Wilson, D., Dolan, G., Aird, H., Sorrell, S., Dallman, T.J., Jenkins, C., Robertson, L., Gorton, R., 2018. *Farm-to-fork investigation of an outbreak of Shiga toxin-producing Escherichia coli O157*. Microb. Genom. 4 (3), 2018. <https://doi.org/10.1099/mgen.0.000160>.
- Winter, C.H., Brockmann, S.O., Sonnentag, S.R., Schaupp, T., Prager, R., Hof, H., Becker, B., Stegmanns, T., Roloff, H.U., Vollrath, G., Kuhm, A.E., 2009. *Prolonged hospital and community-based listeriosis outbreak caused by ready-to-eat scalded sausages*. J. Hosp. Infect. 73 (2), 121–128.
- Wojcik, O.P., Kjelsø, C., Kuhn, K.G., Müller, L., Jensen, T., Kjeldsen, M.K., Ethelberg, S., 2012. *Salmonella typhimurium outbreak associated with smoked pork tenderloin in Denmark, January to March 2011*. Scand. J. Infect. Dis. 44 (12), 903–908.
- World Health Organisation (WHO), 2022. *E. coli fact sheet*. Available from. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/e-coli>.

RINGRAZIAMENTI

Vorrei dedicare qualche riga a coloro che hanno contribuito alla realizzazione della mia tesi di laurea.

Vorrei innanzitutto ringraziare il mio Relatore Prof. Osimani, che mi ha seguito, passo dopo passo, in questo percorso grazie ai suoi indispensabili consigli ed alla sua infinita disponibilità e tempestività.

Ringrazio i miei genitori, perché senza di loro non avrei mai potuto intraprendere questo percorso di studi. Grazie per esserci sempre stati soprattutto nei momenti di sconforto.

Ringrazio la mia fidanzata Alice De Angelis per avermi trasmesso la sua immensa forza e la sua pazienza. Grazie per tutto il tempo che mi hai dedicato. Grazie per essermi stata sempre a fianco supportandomi e sopportandomi.

Ringrazio i miei nonni e i miei zii per l'amore che mi hanno saputo donare ed hanno condiviso con me dolori e gioie.

Infine, dedico questa tesi a me stesso, ai miei sacrifici e alla mia tenacia che mi hanno permesso di arrivare fin qui.