



Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Foder som källa till infektion med *Salmonella* hos djur och människor

Annika Lundh

Självständigt arbete i veterinärmedicin, 15 hp

Veterinärprogrammet, examensarbete för kandidatexamen Nr. 2013: 41

Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap

Uppsala 2013



Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Foder som källa till infektion med *Salmonella* hos djur och människor

Feed as a source of *Salmonella* infection in animals and humans

Annika Lundh

Handledare:

Martin Wierup, SLU, Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap

Examinator:

Eva Tydén, SLU, Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap

Omfattning: 15 hp

Kurstitel: Självständigt arbete i veterinärmedicin

Kurskod: EX0700

Program: Veterinärprogrammet

Nivå: Grund, G2E

Utgivningsort: SLU Uppsala

Utgivningsår: 2013

Omslagsbild: -

Serienamn, delnr: Veterinärprogrammet, examensarbete för kandidatexamen Nr. 2013: 41
Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap, SLU

On-line publicering: <http://epsilon.slu.se>

Nyckelord: Salmonella, djur, foder, livsmedel, kontaminering, risker, spridningsvägar

Key words: Salmonella, animal, feed, food, contamination, risks, pathways

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sammanfattning	1
Material och metod.....	3
Litteraturoversikt.....	5
Allmänt om <i>Salmonella</i>	5
Olika serotyper	5
Spridningsvägar för <i>Salmonella</i>	6
Livsmedel	6
Djurfoder	7
Från foder till djur och människa	7
Allmänt om foderförbrukning	8
Fodertillverkning.....	8
Risk med olika foder	9
Spannmål.....	9
Vegetabiliskt protein	9
Animaliskt protein.....	10
Färdigblandat foder	11
Risker och riskminimering vid tillverkning av foder	12
Värmebehandling	12
Organisk syra.....	12
Återkontamination.....	12
Riskområden i foderfabrik	13
Skadedjur.....	13
Förvaring	13
Kontrollprogram.....	13
Diskussion	15
Konklusion	16
Litteraturförteckning	17

SAMMANFATTNING

Salmonella är en av de vanligaste orsakerna till livsmedelsburna infektioner hos människor. Infektionen sker via en fekal-oral smittväg, i första hand via kontaminerade livsmedel men även via kontakt med smittade djur och människor. Utbrott av *Salmonella* hos människa orsakas ofta av livsmedel från djur infekterade med *Salmonella* och i flera fall kan den primära smittkällan spåras tillbaka till kontaminerat djurfoder. Foder utgör det första ledet i animala livsmedelskedjan och är därmed en viktig utgångspunkt för kontroll av *Salmonella* för att reducera smitta senare i denna kedja. Kontamination av foder kan potentiellt ske vid skörd, under processning särskilt i foderfabriken eller under lagring och transport. Proteinrikt fodermaterial utgör den största risken för Salmonellakontamination av foder och särskilt vegetabiliska proteinråvaror som soja- och rapsmjöl. Animaliskt protein är en annan riskfylld foderråvara men användningen har sedan BSE-krisen minskat kraftigt. Sverige har ett HACCP-baserat kontrollprogram, som identifierar kritiska kontrollpunkter i foderfabrikens verksamhet, vilket är nödvändigt för att effektivt övervaka och reducera *Salmonella* i djurfoder och därmed minska spridning till djur och människor. Riskråvaror provtas innan de får tas in i fabriken. För att få användas i foder måste det vara friförklarat från *Salmonella*. Råvarupartier som testas positivt för *Salmonella* behandlas med organiska syror eller genomgår värmebehandling för att reducera antalet mikroorganismer. Vid fodertillverkning är nedkylning av fodret efter värmebehandling ett särskilt kritiskt steg. Då sker lätt en återkontamination av *Salmonella* och genom kondensbildning kan till och med en tillväxt av *Salmonella* förekomma. I HACCP ingår även till exempel förebyggande åtgärder mot skadedjur som kan kontaminera fodret, som gnagare och fåglar. I nuläget finns inget harmoniserat kontrollprogram eller provtagningsstrategi för övervakning av *Salmonella* inom EU.

SUMMARY

Salmonella is one of the most common causes of food borne infections in humans. *Salmonella* is a faecal-oral infection, primarily through contaminated foods but also via contact with infected animals and humans. Outbreaks of *Salmonella* in humans are often caused by foodstuffs derived from animals infected with *Salmonella* and in numerous cases the primary source of infection is contaminated animal feed. Feed is the first link in the animal food chain and is thereby an important place for the control of *Salmonella* to avoid contamination later on in the food chain. Contamination of feed can potentially occur during harvest, processing e.g. in the feed mill, storage or transport. Feedstuffs rich in protein constitute the largest risk for *Salmonella* contamination in feed and vegetable protein produce, as soy- and rape meal, in particular. Animal protein is another hazardous raw material but the usage in feed has nearly eliminated since the BSE-crisis. Sweden has a HACCP-based control program that identifies critical control points in the feed mills, which is necessary to effectively oversee and reduce *Salmonella* in animal feed and thereby lower the propagation to animals and humans. Risk commodities are sampled before entering the mill. To be able to be used in feed such commodities has to be found free from *Salmonella*. Batches that tests positive for *Salmonella* are treated with organic acids or undergo heat treatment to reduce microbes. An in particular critical step in feed manufacturing is the cooling of heat-treated feed. A recontamination of the feed can easily occur at that step due to formation of condensation and even a growth of *Salmonella* can occur. As an example, HACCP also includes prevention against pests, such as rodents and birds, which can contaminate the feed. At the present there is no harmonized control program or sample strategy for monitoring *Salmonella* within the EU.

INLEDNING

Salmonella är en av de vanligaste orsakerna till livsmedelburna infektioner hos människor. Varje år inträffar i världen uppskattningsvis 94 miljoner fall av Salmonellainfektion, varav 155 000 avlider av infektionen. Vidare uppskattas att 85 % av dessa infektioner är livsmedelburna (Majowicz et al. 2010). I EU (2010) var nästan en tredje del av alla rapporterade matrelaterade sjukdomsutbrott orsakade av *Salmonella* (EFSA, 2012). Av de zoonoser som i EU rapporteras som orsak till sjukdomsfall hos människa är *Salmonella* den andra vanligaste (EFSA, 2012).

Infektion sker peroralt i första hand via kontaminerad föda men även via direktkontakt med smittade individer. I Sverige är *Salmonella* anmälningspliktig och varje år rapporteras omkring 4000 fall, av dessa är cirka 85 % smittade utomlands. (Smittskyddsinstitutet, 2012). Vid utbrott av *Salmonella* hos människor läggs ofta fokus på det kontaminerade livsmedlet trots att den ursprungliga smittkällan kan finnas långt tidigare i livsmedelskedjan. Djurens foder, det första ledet i den animaliska livsmedelskedjan, intar därvid en särställning. Salmonellakontaminerat foder som orsak till livsmedelburna infektioner hos människor har visats i studier sedan sent 1940-tal (Edwards et al., 1948; Hirsch, & Sapiro-Hirsch, 1958; Knox et al. 1963).

Denna litteraturstudie lägger fokus på hur djurfoder kan vara involverat i spridning av *Salmonella* till djur och människa. Målsättningen är att identifiera dessa spridningsvägar och deras riskfaktorer och hur dessa risker kan minimeras, framför allt vid fodertillverkning i fabrik.

MATERIAL OCH METOD

De databaser som användes för litteratursökningen var Web of Knowledge, PubMed och Scopus. Sökorden som användes var *Salmonella*, salmonellosis, bacteria, bacterial, feed, feeds, feedstuffs, feedingstuffs, feedmills, food, safety, animal, risk, risk factor, factor, contamination, contaminating, control. Dessa ord användes i olika kombinationer och med AND och OR. För att ytterligare begränsa antalet artiklar angavs språket engelska i sökkriterierna.

För allmän fakta om *Salmonella* användes Veterinary Microbiology and Microbial Disease (Quinn et al., 2002), Integrated Food Safety and Veterinary Public Health (Buncic, 2006) och Smittskyddsinstitutets hemsida (Smittskyddsinstitutet, 2012).

Jag har valt att inte gå in på hur foder kan kontamineras på gården, vikten av gårdshygien eller hur livsmedel kan kontamineras på t.ex. slakteri.

LITTERATURÖVERSIKT

Allmänt om *Salmonella*

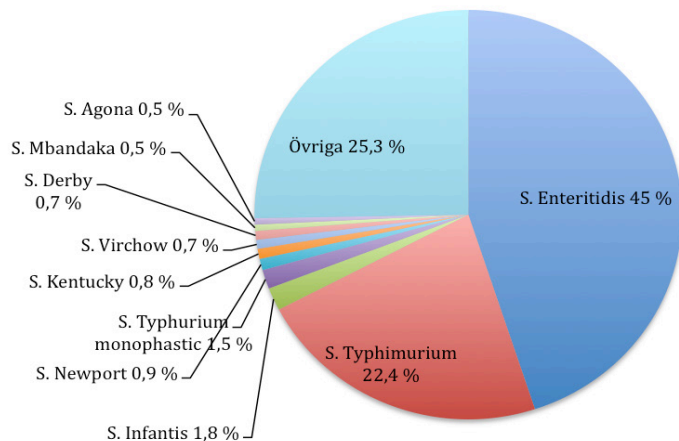
Salmonella spp. är en gramnegativ, fakultativ anaerob, stavformig bakterie som tillhör familjen *Enterobacteriaceae*. *Salmonella* räknas till en av familjens främsta patogener och är en zoonos som finns över hela världen och kan infektera människor och många olika djurslag; däggdjur, fåglar och reptiler. Symtombilden vid infektion med *Salmonella* hos människor karakteriseras av diarré, buksmärtor och feber. Symtomen är vanligtvis övergående inom två till sju dagar. *Salmonella* kan dock även orsaka systemiska sjukdomar och ibland även dödsfall, framför allt hos unga och äldre med nedsatt immunförsvar. Salmonellabakterier invaderar tarmepitelceller där de förökar sig och utsöndras sedan via faeces. Infektion sker oralt framför allt via kontaminerad föda men även genom direktkontakt med smittade djur och människor. (Quinn et al., 2002; Buncic, 2006; Smittskyddsinstitutet, 2012; Vrbova et al., 2012). Djur som infekteras med *Salmonella* kan ha en likartad sjukdomsbild men ofta förlöper infektionen utan kliniska symtom. Salmonellainfektade djur blir dock ofta symptomfria bärare, som lätt sprider smittan vidare, exempelvis inom besättningen och på så sätt uppförökas smittan (EFSA, 2008).

Olika serotyper

Salmonella delas upp i två species, *S. enterica* och *S. bongori*. Dessa har även undergrupper, subspecies, som i sin tur delas upp i serotyper. *Salmonella* har över 2400 serotyper, de med störst klinisk betydelse tillhör *Salmonella enterica* subspecies *enterica* och redovisas i Tabell 1 (Quinn et al., 2002). *S. Enteritidis* och *S. Typhimurium* är till antal fall sett de viktigaste orsakerna till matförgiftning hos människa (Lax et al., 1995). *S. Enteritidis* orsakade 61,3 % av Salmonellautbrotten i EU 2010 (EFSA, 2012). De tio vanligaste serotyperna av *Salmonella* som isolerats hos människa i EU 2010 ses i Figur 1.

Tabell 1. Exempel på *Salmonella* serotyper av stor klinisk betydelse (Modifierad från Quinn et al., 2002)

Serotyp	Värdar	Orsakar
<i>Salmonella</i> Typhimurium	Många djurarter Människa	Enterocolit och septikemi Matförgiftning
<i>Salmonella</i> Enteritidis	Fjäderfä Andra djurarter Människa	Ofta subklinisk Klinisk sjukdom hos däggdjur Matförgiftning
<i>Salmonella</i> Dublin	Nöt Får, häst, hund	Flertalet sjukdomstillstånd Enterocolit och septikemi
<i>Salmonella</i> Choleraesuis	Svin	Enterocolit och septikemi
<i>Salmonella</i> Pullorum	Kyckling	Pullorumsjuka
<i>Salmonella</i> Gallinarum	Vuxna fåglar	Hönstyfus
<i>Salmonella</i> Brandenburg	Får	Abort



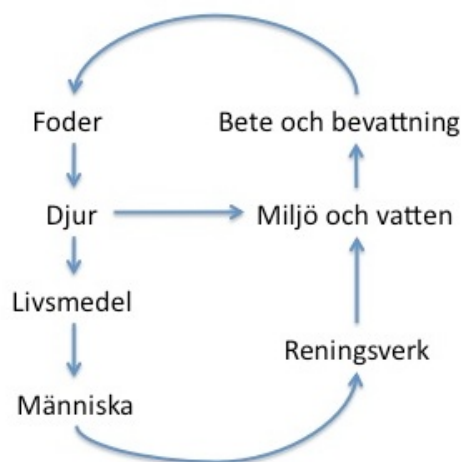
Figur 1. De vanligaste serotyperna av *Salmonella* isolerade från människa 2010 i EU (EFSA, 2012).

De tre vanligaste serotyperna isolerade från foder är *S. Livingstone*, *S. Seftenberg* och *S. Montevideo*. På listan med de tio vanligaste serotyperna i foder återfinns de två hos människa vanligaste serotyperna *S. Enteritidis* och *S. Typhurium* på nionde respektive femte. Även *S. Infantis* och *S. Agona*, som också finns hos människa, är bland de vanligaste i foder (EFSA, 2006, 2008).

Spridningsvägar för *Salmonella*

Livsmedel

Den främsta smittkällan för Salmonellainfektioner hos människor är kontaminerade livsmedel som kött, kyckling, ägg, mjölk, skaldjur, frukt och grönsaker. *Salmonella* kan även spridas mellan människor via avföring, ofta i kombination med dålig hygien, men sekundär smitta är ovanligt. (Buncic, 2006; Smittskyddsinstitutet, 2012). Via avföring från infekterade lantbruksdjur kan spridning ske till den omkringliggande miljön, åkrar, vattendrag och på så vis kan bakterien spridas till t.ex. grönsaker och andra livsmedel som bevattnas. En schematisk bild över de viktigaste spridningsvägarna i smittkedjan för *Salmonella* visas i Figur 2, baserat på uppgifter i litteraturen (Buncic, 2006; EFSA, 2008).



Figur 2. De viktigaste spridningsvägarna för *Salmonella* (Ritat av Annika Lundh).

Djurfoder

Det har länge varit känt att *Salmonella*, utöver livsmedel, även kan kontaminera djurfoder. Redan 1948 rapporterade Edwards et al.¹ (citerat av Crump et al., 2002) att *Salmonella enterica sp.* hittats i kycklingfoder i USA. Kontamination av fodermaterial med *Salmonella* kan potentiellt ske vid skörd, under processning i foderfabriken eller under lagring av fodret (Maciorowski et al., 2006).

I European Food Safety Authority's zoonosrapport från 2012 (EFSA, 2012) har de två hos människa vanligaste serotyperna, *S. Enteritidis* och *S. Typhimurium*, påvisats i färdiga foderpartier från bland annat Tjeckien, Luxemburg, Finland, Frankrike och Slovakien. Dessa serotyper har även återfunnits vid provtagning under processning av färdigblandat foder i Norge. I de flesta länder är det dock sällan som de vanligaste serotyperna som orsak till infektion hittas hos människa återfinns i djurfoder. Även om endast ett fåtal serotyper av de som isolerats från djurfoder orsakar klinisk sjukdom hos de smittade djuren är dock alla serotyper av *Salmonella* potentiellt patogena för människor (EFSA, 2008, 2012).

I EFSA's rapport från 2008 visade en genomgång utförd av norska Denofa att under åren 1994 till 2007 isolerades 77 olika serotyper av *Salmonella* i damm från importerade sojabönor, främst från Sydamerika (Denofa, 2007). Ett annat exempel kommer från Sverige då det 2004-2005 hittades 31 olika serotyper i olika typer av vegetabiliskt protein (Wierup, 2006). Den stora variationen av serotyper i djurfodringredienser och färdigblandat foder observerades tidigt i Sverige där övervakning av foder pågått sedan 1958. Stiftelsen Veterinär Foderkontroll bildades då av dåvarande Foderintresseföreningen, som bland annat bekostade ett foderhygieniskt laboratorium vid SVA, Statens Veterinärmedicinska Anstalt. Det primära skälet var ett uppmärksammat utbrott av mjältbrand på 1950-talet, som orsakats av importerat köttmjöl från Belgien, som tillverkats av djur som dött av mjältbrand. I fodret isolerades även *Salmonella* vilket gav motiv för att initiera en Salmonellakontroll av foder inte minst mot bakgrund av den så kallade Alvestaepidemin som inträffat 1953, då *Salmonella* spreds från ett slakteri och ledde till att fler än 9000 människor insjuknade varav 90 dog av Salmonellainfektionen (Rutqvist & Thal, 1958; Wierup, 2006; EFSA, 2008).

Från foder till djur och människa

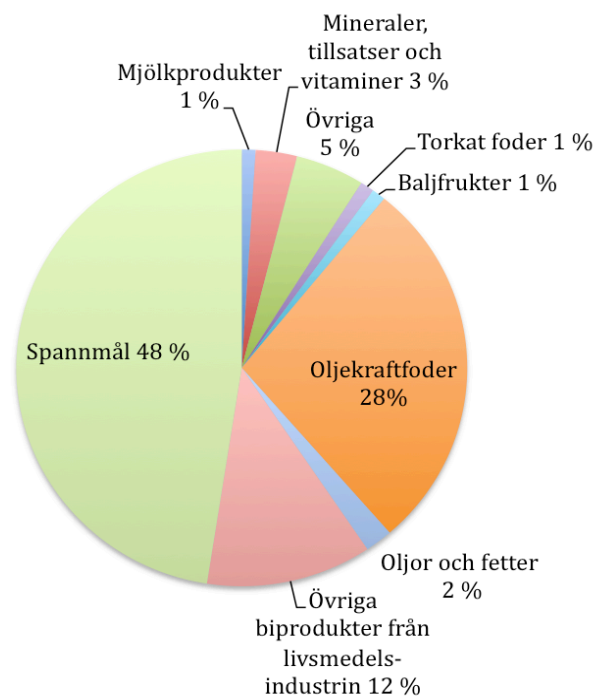
Flertalet studier har visat på sambandet mellan smittat djurfoder och Salmonellasmitta hos människor. Livsmedelsburna utbrott av *S. Agona* 1969 och 1970 i USA, Storbritannien, Nederländerna och Israel spårades till kycklingfoder innehållande fiskmjöl från Peru som kontaminerats med *S. Agona*. Antalet humanfall med *S. Agona* i USA har sedan dess ökat snabbt och tillhör de vanligaste förekommande serotyperna hos människa. Sedan introduktionen i livsmedelskedjan fram till 2002 har *S. Agona* uppskattningsvis orsakat över en miljon infektioner hos människor i USA (Clark et al., 1973; Crump et al., 2002). Ett mjölkburet utbrott av *S. Heidelberg* 1961 spårades till en ko med symptomfri mastit orsakad av samma serotyp. Mjölkkon hade fått foder som visade sig innehålla kött- och benmjöl

¹ Edwards et al., (1948) artikel ej återfunnen i fulltext.

kontaminerat av *S. Heidelberg* (Knox et al. 1963). I en rapport från EFSA (2008) tas fler exempel upp, bland annat en studie där infektioner med *S. Hadar* hos människor som ätit kycklinglever kunde kopplas till benmjöl i kycklingfoder kontaminerat med *S. Hadar* (Hirsch, & Sapiro-Hirsch, 1958)². Samma serotyp låg även bakom en endemisk spridning i kalkonflockar hos uppfödare i Storbritannien på 1970-talet. Smittan spårades tillbaka till importerat mjöl från Israel gjort av inälvor från fjäderfä. (Watson & Kirby, 1985). Som följd ökade humanfallen av *S. Hadar* i Storbritannien kraftigt inom ett par år (Rowe et al., 1980).

Allmänt om foderförbrukning

Inom EU förbrukas ca 470 miljoner ton djurfoder årligen, av detta är 230 miljoner ton främst grovfoder som odlas och används på den egna gården. Av de återstående 240 miljoner ton djurfoder består 51 miljoner ton av egenodlad säd och resterande mängd foder köps in, antingen som fodermaterial eller färdig foderblandning. Foderindustrin inom EU producerade 152 miljoner ton foderblandning 2011, hur de olika fodermaterialen fördelas anges i Figur 3 (FEFAC, 2011).



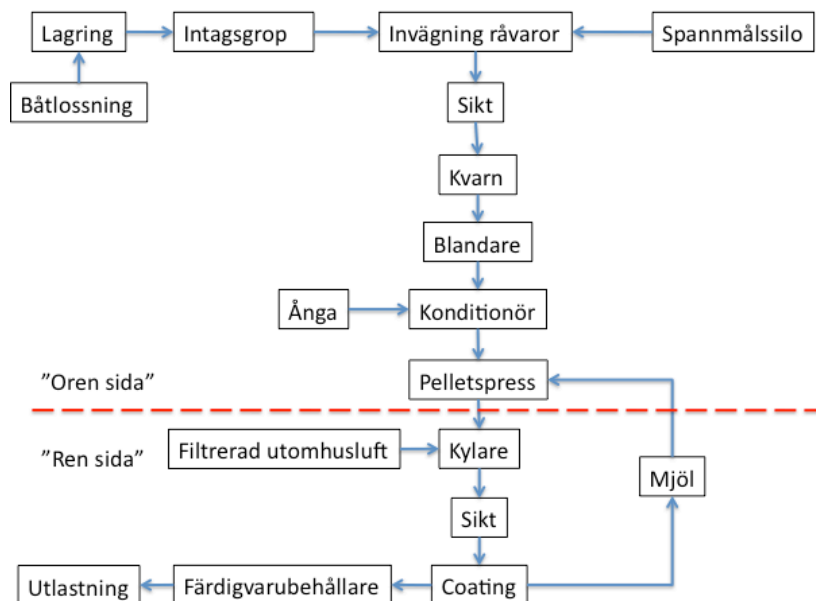
Figur 3. Fodermaterial för foderindustrin i EU 2011 (Modifierad från FEFAC, 2011).

Fodertillverkning

Foderråvarorna tas in i fabriken via en intagsgrop, de vägs och siktas. Materialet mals sedan i kvarn, siktas och det grova materialet mals en andra gång. De olika råvarorna blandas ordentligt. För att få ett mer lättbearbetat material tillförs het vattenånga i konditionör och fodermaterialiet pressas därefter ofta genom en matris till pellets (beroende på fodertyp). Efter pelleteringen sker en avkylning med filtrerad luft utifrån. Vid coating läggs komponenter,

² Hirsch & Sapiro-Hirsch (1958) artikel ej återfunnen i fulltext.

t.ex. enzymer, på pelleten som annars kan förstöras vid värmebehandling. För att öka fetthinblandningen kan flytande fett sprayas på. De olika processerna i en foderfabrik visas översiktligt i Figur 5 (Göransson, 2009).



Figur 5. Processer i foderfabrik (Med tillåtelse av Magnus Thelander, SVA).

Risk med olika foder

Spannmål

Spannmål och grovfoder räknas inte primärt till högriskråvaror när det gäller Salmonellakontaminerat foder. *Salmonella* som hittas i spannmålsprover kommer troligtvis från avföring från skadedjur som fåglar, gnagare och även katter som kontaminerat spannmålet under lagring och transport. Kontamination av spannmål kan även ske via Salmonellainfektade vilda djur och boskap eftersom det är vanligt att serotyper associerade med just vilda djur och boskap isoleras från damm från silos där spannmål lagrats, särskilt när lagring sker i öppen plansilos där exempelvis fåglar har fritt tillträde (Davies & Wray, 1997; Davies & Hinton, 2000; EFSA, 2008). *S. Enteritidis* har hittats i fodermaterial från havre och *S. Typhimurium* har bland annat hittats i vete och havre. Prevalensen varierar dock stort mellan länder och vissa är fria från *Salmonella*. Andelen positiva prover för *Salmonella* i spannmål var 0,9 % 2010, vilket är en ökning från 0,4 % 2009 (EFSA, 2008, 2012). Det finns mycket lite tillgänglig data om Salmonellakontaminerat grovfoder, men generellt bedöms inte grovfoder vara associerat med sådan kontamination (EFSA, 2008).

Vegetabiliskt protein

Det som blir över från produktion av olja från oljeväxter, t.ex. sojaböner, palmkärnor, raps och solrosfrön, används till oljekraftfoder. Andelen positiva Salmonellaprover från oljeväxter och deras derivat ökade i EU från 1,3 % 2009 till 1,5 % 2010 (EFSA, 2012). Dock har statistik från Storbritannien visat på en nedgång av kontaminerat oljekraftfoder från 3,3 %

1999 till 1,7 % 2006 (AHVLA, 2006). I Polen rapporterades 4,6 % (23 av 497) och i Danmark 6,1 % (15 av 247) positiva prover för *Salmonella* i partier med sojabaserat foder (EFSA, 2012). EU importerar 98 % av det sojamjöl som används i foder, främst från Sydamerika (FEFAC, 2011). En genomgång av bland annat prevalensen av *Salmonella* i foderprover i Polen 2007-2010 gjord av Kukier och Kwiatek (2011) visar på att oljevaxter och produkter därav räknas som högriskfodermaterial gällande *Salmonella*. Detta överrensstämmer med resultat från deras tidigare studie av åren 2005-2007 (Kwiatek et al., 2008) och rapporter från andra länder sammanställda av EFSA (2008). Enligt rapporter från Denofa (2007) som EFSA (2008) tagit del av isolerades i medeltal *Salmonella* i cirka 30 % (12-68 %) av proven från samtliga importerade partier med sojabönor till Norge under 1994-2007. I Sverige under åren 2004-2005 var andelen importerade partier sojamjöl som var kontaminerade med *Salmonella* 14,6 % och 10 % av partierna med raps var kontaminerade (Wierup, 2006). Positiva prov för *Salmonella* hittas även ofta i partier med palmkärnor och palmkärnsexpeller, som är pressade palmkärnor från oljepalm (Wierup, 2006; EFSA, 2008).

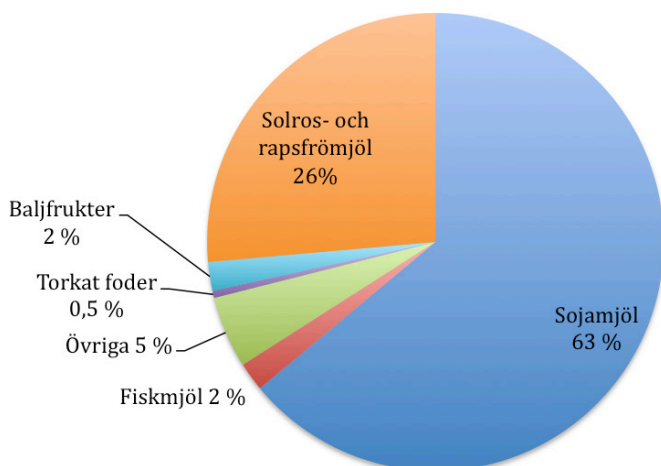
Animaliskt protein

Animaliskt protein har sedan BSE-krisen, utbrottet av ”galna ko”-sjukan, i slutet av 1990-talet kraftigt minskat som råvara i foder. Det första BSE-fallet upptäcktes i Storbritannien 1986. Ett övervakningsprogram av BSE, Bovin spongiform encefalopati, startades 1998 och tre år senare infördes ett totalförbud i EU mot processat animaliskt protein i djurfoder för livsmedelsproducerande djur. Detta förbud lättades sedan genom att endast omfatta protein från däggdjur och då tillåta fiskmjöl, blodprodukter, blodmjöl och di/trikalciumfosfat (biprodukter från gelatinproduktion) i foder till icke-idisslare, det vill säga svin och fjäderfä, under vissa villkor (EFSA, 2008; Jordbruksverket, 2013). I den nya EU-förordningen som träder i kraft den 1 juni 2013 har förbudet lättats ytterligare och bland annat tillåts återigen animaliskt protein, kött och benmjöl, i djurfoder till svin och fjäderfä (ej till i foder till nöt). Dock får inte kannibalism förekomma, det vill säga protein från svin tillåts inte i svinfoder och protein från kyckling tillåts inte i kycklingfoder. Dessutom tillåts protein från svin och fjäderfä att ingå i fiskfoder (EU 56/2013).

Att kött- och benmjöl är högriskmaterial för Salmonellakontamination av djurfoder rapporterades tidigt, bland annat i studier av Rutqvist och Thal (1958) och Knox et al. (1963). I prover från fjäderfäfoder, innehållande mjöl av fjäderfä- och animaliska biprodukter, isolerades 28 olika serotyper av *Salmonella* i 37 av 200 prover (18,5 %), flertalet enskilda prover var kontaminerade med upp till åtta serotyper (Watkins et al., 1959).

Trots de lagstadgade kraven på ökad standard på värmebehandling av animaliska biprodukter (på grund av BSE/TSE), som även bör avdöda Salmonellabakterier, visar rapporter från Storbritannien 2006 på cirka 2 % positiva prover (EFSA, 2008). Kontamination av *Salmonella* i foder innehållande kött- och benmjöl har minskat från 1,4 % positiva prover 2009 till 0,6 % 2010. Vilket innebär att kött- och benmjöl var det fodermaterial med lägst andel positiva prover 2010 (EFSA, 2012).

Fiskmjöl har högst andel positiva prover gällande *Salmonella*, 9,1 %, år 2010 vilket är en kraftig ökning jämfört med 2009 då andelen var 0,7 % och 2,1 % 2008 (EFSA, 2012). Detta är en negativ trend då andelen kontaminerat fiskmjöl minskat under tidigare år (EFSA, 2006). Fördelningen av proteinkällorna som används i djurfoder inom EU illustreras i Figur 4.



Figur 4. Proteinkällor i djurfoder inom EU (Modifierad från FEFAC, 2011).

Färdigblandat foder

I den för djuret ätfärdiga foderblandningen varierar andelen Salmonellakontaminerade foderprover stort mellan länder och det djurslag fodret är avsett för. Under 2005 isolerades *Salmonella* i 0-6,2 % av foderblandningsproverna (EFSA, 2006). Andelen positiva prover i färdiga foderblandningar för respektive djurslag i EU 2010 ses i Tabell 2.

Tabell 2. Andel positiva Salmonellaprover uppdelat på djurslag, i EU (Modifierad från EFSA, 2012)

Foder (djurslag)	Andel positiva prover (%) 2010	Genomsnitt 2008-2010 (%)
Nöt	0-9,1	0,4-0,7
Svin	0-3,6	0,5-0,7
Fjäderfä	0-1,6	0,5-1,0

Den genomsnittliga andelen positiva prover i foderblandningar inrapporterade 2008 till 2010 ligger på en relativt stabil låg nivå. Den mest avvikande rapporten kom från foderblandning för nöt från Luxemburg, med 9,1 % positiva prov. Andelen positiva prov i foderblandning för fjäderfä halverades från 1 % 2009 till 0,5 % 2010. Nederländerna är ett exempel på låg andel positiva prover i foder för alla tre djurslag där högsta andelen, 0,3 %, återfinns i svinfoder. Detta jämfört med t.ex. Polen som, trots en minskning, har relativt höga andelar kontaminerade foderprover, för nöt 1,5 %, svin 0,9 % och för fjäderfä 1,2 %. Ett fåtal fall, från olika länder, av *S. Enteritidis* i färdiga foderblandningar för fjäderfä, nöt och svin och *S. Typhimurium* i foderblandningar för nöt och svin rapporterades (EFSA, 2012).

Det finns ingen gemensam provtagningsstrategi för fodermaterial inom EU, var och när i tillverkningsprocessen provtagningen av fodret sker skiljer sig också åt mellan medlemsstaterna. Att provtagningen inte är harmoniserad gör det svårt att jämföra data från

olika länder med varandra. Medlemsstaternas rapporter har inte separata data för olika typer av kontrollprogram eller för inhemskt och importerat foder. Data från övervakningsprogrammen inkluderar dessutom ofta både stickprov och riktade provtagningar från fodermaterial som bedöms som vara riskråvaror (EFSA, 2012).

Risker och riskminimering vid tillverkning av foder

Värmebehandling

Pelletering av fodret är först och främst till för att öka densiteten av fodret, underlätta hantering och för att förbättra foderutbytet. Pelletering sker i het vattenånga och denna värmebehandling har visats reducera antal mikroorganismer, t.ex. *Salmonella* (Maciorowski et al., 2006). Antalet bakterier minskar med tiden under värmebehandling, olika serotyper av *Salmonella* är dock olika känsliga för värmebehandling. Effektiviteten av eliminationen av bakterier beror också på graden av kontamination. Enligt en studie skulle värmebehandling i 90°C under 90 sekunder, vid 15 % fuktighet, ge en 10 000-faldig minskning av bakterier (Himathongkham et al., 1996). En senare studie föreslår att foder bör upphettas till 85°C för att bli av med *Salmonella*, och påpekar även att behandlingstiden är avgörande för effekten (Jones & Richardson, 2004).

Organisk syra

Olika organiska syror används för att minska angrepp av mögel och andra mikroorganismer i fodret (Paster et al., 1987). Syrabehandling av djurfoder kan ske antingen av råvarorna eller av det färdiga fodret (Carrique-Mas et al., 2007). En studie av Matlho et al., (1997) visar att syrabehandling (propionsyra 0,2 %), i denna studie tillsammans med värme (71.1°C), har stor reducerande effekt på Salmonellabakterier. Även tiden som behandlingen pågick hade inverkan på avdödandet av bakterier, vilket stämmer överrens med tidigare studier (Riemann, 1968; Himathongkham et al., 1996). En studie visar på att effekten av behandling med myrsyra och propionsyra håller i sig minst en månad, vilket skulle kunna tyda på minskad risk för återkontamination (Iba & Bercheri, 1995).

Återkontamination

Återkontamination av värmebehandlat foder eller fodermaterial är ett stort problem i foderfabriker. En studie som gjorts i en fabrik för fjäderfäfoder visade att 15 av 80 prov (18,8 %) som togs i delar av fabriken som hanterade foder och fodermaterial innan värmebehandling var kontaminerade med *Salmonella*. Damm visade sig ha störst andel positiva prover, 33 %, följt av råa foderingredienser med 11,8 % kontaminerade prover. I delarna av fabriken som hanterade värmebehandlat foder var 22,6 % av proverna kontaminerade med *Salmonella*, i dessa områden var dammproverna till 24,2 % positiva. Kontaminerat färdigt foder tyder på otillräcklig värmebehandling eller återkontamination av dammpartiklar och utrustning efter behandlingen. Dammproverna togs från pelletskylen (5,6 % positiva), dammseparatorenheten (50 %), pelletpressen (7,1 %) och pelletspressen (20 %). Dessutom togs prover från lastbilar som levererade det färdiga fodret från fabriken, av dessa var 4 av 7 prover (57,1 %) positiva och kan därmed korskontaminera fodret. Dock hittades

inga positiva prover i det färdiga fodret (Whyte et al., 2003). Andra har också identifierat damm som en stor risk för kontamination (Davies & Wray, 1997; Jones & Richardson, 2004; Torres et al., 2010).

Riskområden i foderfabrik

I en studie där nio foderfabriker undersöktes visade sig intagningsgropen var det mest frekvent kontaminerade provtagningsstället med 24,1 % (0-75 %) positiva prover för *Salmonella*. Att intagsgropen är särskilt utsatt för kontamination stämmer överrens med andra studier, t.ex. Torres et al. (2010). Pelletskylen var näst mest kontaminerad, 20,2 % (spridningen mellan de olika fabrikena låg mellan 0-85,7 %), vilket leder till omedelbar återkontamination av det värmebehandlade fodret. Den största risken för kontamination uppstår när det upphettade fodret skall kylas. Vid nedkylningen, som sker med stora mängder luft, bildas lätt kondens och fukten skapar en optimal miljö för tillväxt av *Salmonella*, som kan komma in via luftintaget eller finnas kvar efter upphettning av fodret. En av fabrikena i studien hade problem med kontamination av pelletspressen som troligtvis berodde på för låg temperatur vid pelletering eller på en generell kontamination av *Salmonella* i fabriken. Pelletspressen i övriga fabriker hade låg utsträckning av kontaminerade prover. I de flesta fabriker var områden med det färdiga fodret, ”rena sidan”, mindre kontaminerad än den ”orena sidan”, det vill säga en reducering av smittan (Davies & Wray, 1997).

Skadedjur

Flera studier har visat på den potentiella risken med skadedjur för Salmonellakontamination av fodret. Spillning från fåglar och gnagare som visat sig innehålla *Salmonella* har hittats i bland annat i intagsgrop, lager och på lastbryggan hos foderfabriker (Davies & Wray, 1997; Whyte et al., 2003).

Förvaring

Torr förvaring av fodret är viktigt för att undvika tillväxt av mikroorganismer. Fukt kan t.ex. stanna kvar i otillräckligt ventilerade fodertunnor och öka risken för tillväxt av bakterier eller komma i kontakt med fodret via kondensation från varma/kalla ytor, otäta byggnader etc. (Gabis, 1991).

Kontrollprogram

I nuläget finns inget harmoniserat krav för kontrollprogram eller provtagningsstrategi vid övervakning av *Salmonella* inom EU. Sverige har sedan 1991 ett HACCP-program (Hazard Analysis and Critical Control Point) för tillverkning av djurfoder för att säkerställa hygien och kvalitet. Kontrollprogrammet innehåller utarbetade rutiner och kontrollsystem baserade på interna riskanalyser i fabrikena där kritiska styrpunkter i verksamheten identifieras och korrigerade åtgärder fastställs. En viktig strategi vid HACCP för fodertillverkning är att foderråvarorna graderas efter risk för Salmonellakontamination, den idag största riskråvaran är vegetabiliska proteinrika foderråvaror som soja- och rapsmjöl. Riskråvaror hålls i karantän och beroende på partiets storlek tas ett förutbestämt antal delprover innan råvarorna tas in i fabriken. Om proverna är positiva för *Salmonella* ska partiet genomgå syrabehandling och

testas fria innan de får användas. Veckoprovtagning tas från ytor där damm lätt kan ansamlas, till exempel intagsgropen, pelletskylen och toppen av silon. Utöver veckoprovtagningen tas prover enligt den interna provtagningsplanen, beroende på vilket typ av foder som tillverkas. Detta för att kunna säkerställa att det djurfoder som kommer ut på marknaden är säkert (Crump, 2001; Wierup, 2006). Flera studier tar upp vikten av kontrollprogram som HACCP för att minska Salmonellakontamination av djurfoder och därmed minska risken för spridning av smittan till djur och slutligen till människor (Crump et al., 2002; Ricke, 2005; EFSA 2008, Torres et al., 2010; Jones, 2011).

DISKUSSION

Utbrott av *Salmonella* hos människa orsakas ofta av livsmedel från djur infekterade med *Salmonella* och i flera fall kan den primära smittkällan spåras tillbaka till kontaminerat djurfoder. Foder utgör det första ledet i animala livsmedelskedjan och är därmed en viktig utgångspunkt för kontroll av *Salmonella* för att reducera smitta senare i denna kedja. Kontamination av foder kan potentiellt ske vid skörd, under processning särskilt i foderfabriken eller under lagring och transport. Proteinrikt fodermaterial utgör den största risken för Salmonellakontamination av foder och särskilt vegetabiliska proteinråvaror som soja- och rapsmjöl.

Behandlingar av foder med organiska syror eller formaldehydbaserade produkter kan effektivt avdöda *Salmonella*. En studie (Carrique-Mas et al., 2007) visar dock på att behandlingarna även kan dölja förekomst av *Salmonella* i fodret som då inte upptäcks vid odling av prover. Författarna trycker på vikten av ytterligare studier om detta. Davies och Hinton (2000), som även Carrique-Mas et al., (2007) hänvisar till, visar att behandling av foder är mest effektivt vid låg grad av kontaminering, vilket vanligtvis är fallet vid naturlig kontaminering. Carrique-Mas et al., (2007) visar också att formaldehydbehandling av foder är mest effektivt och även den produkt som dolde förekomst av *Salmonella* minst. Men säkerhetsaspekten har diskuterats eftersom formaldehyd kan vara cancerframkallande och att det redan vid mycket låga halter är irriterande för slemhinnor och obehagligt att andas in (Arts et al., 2006). Det är dock tillåtet att behandla färdigt fjäderfäfoder med formaldehyd i USA (Davies & Wray, 1997).

EFSA's zoonosrapport från 2012 (EFSA, 2012) visar att antalet livsmedelsrelaterade utbrott legat stabilt sedan 2009 men att rapporterade fall av salmonellos hos människa minskat med nästan 9 % under samma period, vilket är en fortsatt positiv trend sedan 2006. Minskningen antas till stor del bero på de kontrollprogram för *Salmonella* som tagits fram för fjäderfäbesättningar gett resultat. Det finns dock mer att önska eftersom kött och köttprodukter från fjäderfä fortfarande är de livsmedel med högst andel positiva prov för *Salmonella*. För att komma åt problemet tidigare i livsmedelskedjan bör därför en kontroll av fodret införas.

I djurfoder låg andelen positiva prov i genomsnitt mellan 0,5 - 0,7 % för färdiga foderblandningar för svin, nöt och fjäderfä, vilket framförallt visade på en minskning av positiva prover i fjäderfäfoder (EFSA, 2012). Kontrollprogram har lett till att *S. Enteritidis* blivit ett allt mer ovanligt fynd i foder (EFSA, 2008). Betyder minskningen i andelen positiva prov att *Salmonella* i foder nödvändigtvis har minskat? *Salmonella* är aldrig jämnt fördelat i ett parti vilket gör friförklaring baserat på stickprov osäkert. Enligt Jones (2011) föreslår Mitchell och McChesney (1991)³ att 30 stycken prov för analys krävs för att rimligen kunna avgöra om ett foderparti är fritt från *Salmonella*.

³ Mitchell & McChesney (1991) ej återfunnen i fulltext.

Att förlita sig på provtagning av det färdiga fodret är ett ineffektivt sätt att kontrollera *Salmonella*. *Salmonella* i färdigt foder tyder på en mycket hög kontaminering och är slutprodukten kontaminerad är det försent att åtgärda eventuellt fel i tillverkningsprocessen. För adekvat övervakning av *Salmonella* bör därför provtagning ske vid kritiska kontrollpunkter i produktionslinjen och särskilt viktigt är att kontrollera riskfyllda foderråvaror innan de tas in i fabriken. Nedkylning efter värmebehandling är en annat viktigt steg som måste kontrolleras. Att provta damm och foderspill på och omkring utrustning i fabriken är ett mycket effektivt sätt att upptäcka kontamination av *Salmonella*, vilket flera studier visat (Whyte, 2003; Jones & Richardson, 2004; Jones, 2008; Davies & Wales, 2010).

Eftersom provtagning av foder och hur data rapporteras skiljer sig åt mellan länder (EFSA, 2012) är det svårt att dra några långtgående slutsatser från de data som presenteras i EFSA's rapporter, som bör ses som en översiktlig bild av Salmonellaläget inom EU. Ansträngningar behövs för att harmonisera foderkontrollen i EU och därmed kunna effektivisera övervakningen av *Salmonella* och kunna reducera smitta till djur och människor.

För att få rätt uppskattning av kontaminationen av *Salmonella* är det naturligtvis en förutsättning att den personal som tar de regelbundna proverna i fabriken har adekvat utbildning om provtagningsproceduren. Detta belystes i en studie (Jones, 2008), där nästan 44 % av proverna som tagits av personalen var positiva för *Salmonella* medan endast 7 % av proverna tagna av forskarna var positiva.

Det är inte ovanligt att foderråvarorna hanteras upp till 15 gånger innan de når foderfabriken (Ratcliff, 2006) och varje gång de hanteras ökar risken kontamination av mikroorganismer. Det är därför viktigt att i större utsträckning välja lokalproducerade råvaror och minska antalet mellanhänder så mycket som möjligt.

Konklusion

Djurfoder är en reell och viktig riskfaktor för spridning av *Salmonella* till djur och vidare till människor. För att effektivt kunna kontrollera *Salmonella* måste fokus ligga tidigt i livsmedelskedjan och stor vikt läggas en HACCP-baserad kontroll av foder.

LITTERATURFÖRTECKNING

AHVLA, Animal Health and Veterinary Laboratories Agency. Salmonella in livestock production in GB: 2006 report. [online] (2013-02-13) Tillgänglig: <http://www.defra.gov.uk/ahvla-en/publication/salm06/> [2013-03-20]

Arts, J.H., Rennen, M.A., de Heer, C. (2006) Inhaled formaldehyde: evaluation of sensory irritation in relation to carcinogenicity. *Regul Toxicol Pharmacol*, 44, 144–160.

Buncic, S. (2006). *Integrated Food Safety and Veterinary Public Health*. Trowbridge. CAB International.

Carrique-Mas, J.J., Bedford, S., Davies, R.H. (2007) Organic acid and formaldehyde treatment of animal feeds to control Salmonella: efficacy and masking during culture. *Journal of Applied Microbiology*, 103, 88-96.

Clark, G.M., Kaufmann, A.F., Gangarosa, E.J., Thompson, M.A. (1973) Epidemiology of an international outbreak of Salmonella Agona. *The Lancet*, 2, 490-493.

Crump, J.A., Griffin, P.M., Angulo, F.J. (2002) Bacterial Contamination of Animal Feed and Its Relationship to Human Foodborne Illness. *Clinical Infectious Diseases*, 35, 859-865.

Davies R.H., Hinton, M. (2000) Salmonella in animal feed. I: C. Wray, & A. Wray, eds. *Salmonella in domestic animals*. CABI Publishing. 285-300.

Davies, R. H., Wales, A. D. (2010) Investigations into *Salmonella* contamination in poultry feedmills in the United Kingdom. *Journal of Applied Microbiology*, 109, 1430–1440.

Davies, R. H., Wray, C. (1997) Distribution of *Salmonella* contamination in ten animal feedmills. *Veterinary Microbiology*, 57 (2-3), 159-169.

Denofa 2007. Isolation of *Salmonella* from imported soy beans and associated environment of subsequent crushing procedure during the period 1999-2007. Data från industri. <http://www.denofa.no/>

Edwards P.R., Bruner D.W., Moran A.B. (1948) *The genus Salmonella: its occurrence and distribution in the United States*. Lexington. Kentucky Agriculture Experiment Station, University of Kentucky 525, 1-60.

EU-kommissionens förordning nr 56/2013. Om ändring av bilagorna I och IV till Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 999/2001 om fastställande av bestämmelser för förebyggande, kontroll och utrotning av vissa typer av transmissibel spongiform encefalopati. *Europeiska unionens officiella tidning*.

European Food Safety Authority. 2006. The community summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents, antimicrobial resistance and foodborne outbreaks in the European Union in 2005. *EFSA Journal* 2006, 94, 1-288.

European Food Safety Authority. 2008. Opinion of the Panel on Biological Hazards. Microbiological risk assessment in feedingstuffs for food-producing animals Scientific. *The EFSA Journal* 2008, 720, 1-84.

European Food Safety Authority. 2012. The European Union Summary Report on Trends and Sources of Zoonoses, Zoonotic Agents and Food-borne Outbreaks in the European Union in 2010. *The EFSA Journal* 2012, 10, 2597, 1-442.

FEFAC European Manufactures Federation, *Feed and Food Statistical Yearbook 2011*. Bryssel.

Gabis, D. A. (1991) Environmental factors affecting enteropathogens in feed and feed mills. I: L., Blankenship, ed. *Colonization Control of Human Bacterial Enteropathogens in Poultry*. Orlando, Florida. Academic Press. Sid 23-28.

Göransson, L., Svenska Pig. Fabrikstillverkning av foder, koncentrat och premixer [online] (2009) Tillgänglig: <http://svenskapig.se/file/dokument/fakta/foder-2/fabrikstillverkning-av-foder-redigerad.pdf> [2013-02-22]

Himathongkham, S., Pereira, M.D., Riemann, H. (1996) Heat Destruction of Salmonella in Poultry Feed: Effect of Time, Temperature, and Moisture. *Avian Diseases*, 40, 72-77.

Hirsch, W., Sapiro-Hirsch, R. (1958) The role of certain animal feeding stuffs, especially bone meal, in the epidemiology of salmonellosis. *Harefuah*, 54(3), 57-58.

Iba, A.M., Bercheri, A. (1995) Studies on the use of a formic acid-propionic acid mixture (Bio-add™) to control experimental *Salmonella* infection in broiler chickens. *Avian Pathology*, 24, 303-311.

Jordbruksverket. Förbud mot att utfodra med animaliskt protein [online] (2013-03-18) Tillgänglig: <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/djur/sjukdomarochsmittskydd/smittsammadjur/sjukdomar/tse/foderbestamelsemamsida.4.6a459c18120617aa58a80002202.html> [2013-03-20]

Jones, F. T. (2008) Control of toxic substances. *Feedstuffs*, 80, 77–81.

Jones, F.T. (2011) A review of practical *Salmonella* control measures in animal feed. *Journal of Applied Poultry Research*, 20, 102-113.

- Jones, F.T., Richardson, K.E. (2004) Salmonella in commercially manufactured feeds. *Poultry Science*, 83, 384-391.
- Knox, W.A., Galbraith, N.S., Lewis, M.J., Hickie, G.C., Johnston, H.H. (1963) A Milk-Borne Outbreak of Food Poisoning Due to Salmonella heidelberg. *The Journal of Hygiene*, 61(2), 175-185.
- Kukier, E., Kwiatek, K. (2011) Microbial quality of feed materials used in Poland. *Bull Vet Inst Pulawy*, 55, 709-715.
- Kwiatek K., Kukier E., Wasyl D., Hozowski A. (2008) Microbiological quality of feed materials in Poland. (Engelsk sammanfattning) *Medycyna Weterynaryjna*, 64, 183-188.
- Lax, A.J., Barrow, P.A., Jones, P.W., Wallis, T.S. (1995) Current perspectives in salmonellosis. *British Veterinary Journal*, 151, 4, 351-377.
- Maciorowski, K.G., Herrera, P., Kunding, M.M., Ricke, S.C. (2006) Animal feed production and contamination by foodborne Salmonella. *Journal of Consumer Protection and Food Safety*, 197-209.
- Majowicz, S.E., Musto, J., Scallan, E., Angulo, F.J., Kirk, M., O'Brien, S.J., Jones, T.F., Fazil, A., Hoekstra, R.M. (2010). The Global Burden of Nonthyphoidal Salmonella Gastroenteritis. *Clinical Infectious Diseases*, 50, 882-889.
- Matlho, G., Himathongkham, S., Riemann, H., Kass, P. (1997) Destruction of Salmonella enteritidis in Poultry Feed by Combination of Heat and Propionic Acid. *Avian Diseases*, 41, 58-61.
- Mitchell, G. A., McChesney, D. G. (1991) A plan for *Salmonella* control in animal feeds. *Proceedings of Symposium on the Diagnosis and Control of Salmonella*, 28-31.
- Paster, N., Pinthus, E., Reichman, D. (1987) A comparative study of the efficacy of calcium propionate, Agrosil and Adofeed as mold inhibitors in poultry feed. *Poultry Science*, 66, 858-860
- Quinn, P.J., Markey, B.K., Carter, M.E., Donnelly, W.J., Leonard, F.C. (2002). *Veterinary Microbiology and Microbial Disease*. 1 uppl. Padstow. Blackwell Publishing.
- Ratliff, J. Pathogen control in feedmills. [online] (2006) Technical Report Series, Feed Processing and Quality Control, American Soybean Association. Tillgänglig: http://www.asaimsea.com/download_doc.php?file=ASA-TR-Processing.pdf [2013-03-22].
- Ricke, S. C. (2005) Ensuring the safety of poultry feed. I: G.C. Mead, ed. *Food Safety Control in the Poultry Industry*. Cambridge. Woodhead Publishing, Ltd. 174-194.

Riemann, H. (1968) Effect of water activity on the heat resistance of Salmonella in "dry" materials. *Applied Microbiology*, 16, 1621-1622

Rowe, B., Hall, M. L. M., Ward, L. R., de Sa, J. D. H. (1980) Epidemic spread of Salmonella hadar in England and Wales. *British Medical Journal*, 280(6221), 1065-1066.

Rutqvist, L., Thal, E (1958) *Salmonella* isolated from animals and animal products in Sweden during 1956-1967. *Nordisk Veterinaer Medicin*, 10, 234-244.

Smittskyddsinstitutet. Sjukdomsinformation om salmonellainfektion. [online] (2012-06-11) Tillgänglig: <http://www.smi.se/sjukdomar/salmonellainfektion> [2013-03-07]

Torres, G.J., Piquer, F.J., Algarra, L., de Frutos, C. (2010) The prevalence of Salmonella enterica in Spanish feed mills and potential feed-related risk factors for contamination. *Preventive Veterinary Medicine*, 98, 81-87.

Vrbova L., Johnson K., Whitfield Y., Middleton D. (2012) A descriptive study of reportable gastrointestinal illnesses in Ontario, Canada, from 2007 to 2009. *BMC Public Health*, 12:970.

Watkins, J.R., Flowers, A.I., Grumbles, L.C. (1959) Salmonella organisms in Animal Products Used in Poultry Feeds. *Avian Diseases*, 3, 290-301.

Watson, W. A., Kirby, F. D. (1985) The Salmonella problem and its control in Great Britain. *American Association of Avian Pathologists*, 35-47.

Whyte, P., McGill, K., Collins, J.D. (2003) A survey of the prevalence of Salmonella and other enteric pathogens in a commercial poultry feed mill. *Journal of Food Safety*, 23, 13-24.

Wierup, M. Salmonella i foder- en utredning på uppdrag av Jordbruksverket om orsaker och risker samt förslag till åtgärder. [online] (2006-08-31) Tillgänglig: <http://www.sjv.se/download/18.1ac7fbb10dac953d9c8000516/Utredning-Salmonella+i+foder+-+Wierup+-+till+SJV+2006-08-31%284b%29.pdf> [2013-03-05]