Livsmedelsverket

L – 2026 nr 13

Slaktavbrott

Mikrobiologiska risker vid fördröjd nedkylning



Denna titel kan laddas ner från: Livsmedelsverkets publikationer

Citera gärna Livsmedelsverkets texter, men glöm inte att uppge källan. Bilder, fotografier och illustrationer är skyddade av upphovsrätten. Det innebär att du måste ha upphovsmannens tillstånd att använda dem.

© Livsmedelsverket, 2026.

Författare:
Karin Söderqvist och Roland Lindqvist.

Rekommenderad citering:
Livsmedelsverket. Söderqvist, K och Lindqvist, R. 2026. L 2026 nr 13: Slaktavbrott – Mikrobiologiska risker vid fördröjd nedkylning. Livsmedelsverkets rapportserie. Uppsala.

L 2026 nr 13
ISSN 1104–7089

Förord

Livsmedelsverket arbetar för att maten som produceras, säljs och serveras i Sverige ska vara säker och ärlig, för ett samhälle där det är lätt för människor att äta på ett hälsosamt och hållbart sätt, och för en trygg livsmedels- och dricksvattenförsörjning i vardag och kris. Våra verktyg för att uppnå detta är kunskap, råd, regler och kontroll baserade på vetenskap och riskanalysens principer.

Denna rapport beskriver mikrobiologiska risker som kan uppkomma vid en fördröjning av nedkylningen av slaktkroppar i samband med avbrott på slakterier, till exempel vid elavbrott. Rapporten har tagits fram på beställning av Avdelningen för livsmedelskontroll (LMK), Enheten för verksamhetsstöd i kontrollen (VSK). Rapporten ska utgöra underlag för arbetet att ta fram åtgärder för att hantera slaktavbrott och fördröjd nedkylning.

Ansvariga för rapportens innehåll är Roland Lindqvist och Karin Söderqvist, Enheten för biologiska faror vid Avdelningen för risk- och nyttovärdering.

Vetenskaplig faktagranskning har utförts av Jakob Ottoson, Enheten för biologiska faror vid Avdelningen för risk- och nyttovärdering. Rapporten har kvalitetsgranskats av Jonas Toljander, tillförordnad enhetschef, Enheten för biologiska faror vid Avdelningen för risk- och nyttovärdering.

Livsmedelsverket

Christina Lantz, tillförordnad riskvärderingschef och avdelningschef, Avdelningen för risk- och nyttovärdering, Livsmedelsverket

Oktober 2026

Innehåll

Sammanfattning 6
Summary 8
Slaughter process disruptions 8
Microbiological risks associated with delayed cooling 8
Bakgrund (från frågeställaren) 10
Övergripande frågeställning: 10
Specifika frågor som ska besvaras: 10
Metoder 11
Litteratursammanställningar 11
Modellering 11
Scenarier 11
Prognosmodeller - förökning 13
Prognosmodeller - Avdödning genom värmebehandling 15
Dos-responssamband 16
Faroidentifiering 18
Nedkylning av slaktkroppar och problem vid avbrott i slaktprocessen 18
Kontamination av slaktkroppar 19
Tillväxt av bakterier 19
Farokarakterisering 23
Patogener 23
Salmonella 23
STEC 23
Yersinia enterocolitica 23
Listeria monocytogenes 23
Dos-respons: Risken vid konsumtion av olika doser av patogener 24
Exponeringsuppskattning 26
Förekomst och halter av indikatororganismer 26
Slaktkroppar 26
Organ/inälvor 28
Fördröjd urtagning av organ 28
Fördröjd nedkylning 30
Utvärdering av potentiell förökning av bakterier vid fördröjd kylning 31

Förökning vid fördröjning jämfört med omedelbar kylning....32
Överväganden för att bedöma mikrobiologisk status på slaktkroppar....47
Riskkarakterisering (svar på frågor)....50
Specifika frågor:....50
Fråga 1.....50
Fråga 2.....50
Fråga 3.....54
Referenser....55
Bilagor....60
Potentiell förökning med och utan lagtid....60

Sammanfattning

När tama djur som kor, grisar och får slaktas kan det ibland uppstå störningar, till exempel strömavbrott, som gör att slakten avbryts eller att kylsystemen slutar fungera. När nedkylningen fördröjs får bakterier på slaktkropparna bättre möjlighet att växa jämfört med vid normal hantering.

Den här rapporten beskriver vilka mikrobiologiska risker som kan uppstå när nedkylningen av slaktkroppar fördröjs. För att undersöka detta togs olika tänkbara scenarier fram där nedkylningen fördröjdes i upp till 36 timmar. Under fördröjningen antogs temperaturen i slakthallen vara 15, 20 eller 25 grader. Därefter flyttades slaktkropparna till kylrum och kyldes ned till en yttemperatur på 3 grader. Med hjälp av matematiska modeller beräknades hur mycket olika bakterier kunde föröka sig i de olika scenarierna. Resultaten jämfördes med normal hantering där slaktkropparna kyls ned direkt efter slakt.

Beräkningarna visade att bakteriernas halter ökade med både temperaturen i slakthallen och längden på fördröjningsperioden. Hur stor ökningen blev varierade något mellan olika djurslag. Även om Salmonella är ovanligt på svenska slaktkroppar var det den bakterie som förökade sig snabbast vid de temperaturer som undersöktes. Därför kan Salmonella användas som ett exempel på ett värsta tänkbara scenario. Om nedkylningen av nötkött fördröjdes med 4 timmar i en slakthall med en temperatur av 15 grader beräknades halten av Salmonella kunna öka med nästan 1 log-enhet jämfört med normal nedkylning. Vid 25 grader var ökningen nästan 2 log-enheter. Om fördröjningen i stället var 12 timmar beräknades halten av Salmonella kunna öka med nästan 2 log-enheter vid 15 grader och med drygt 4 log-enheter vid 25 grader.

För att förstå risken för människor behöver man inte bara veta hur mycket bakterierna ökar, utan också hur stora halter konsumenter kan få i sig. Bakteriehalterna påverkas dessutom av vad som händer med köttet efter slakteriet, till exempel under lagring, transport och tillagning. Högre bakteriehalter ökar risken för att bakterier sprids till annan mat i köket genom korskontaminering. Kött tillagas eller bearbetas oftast innan det äts, vilket minskar halten och därmed dosen som konsumenten får i sig.

Så kallade indikatorbakterier kan också användas för att bedöma effekten av fördröjd nedkylning. Genom samma provtagning och mikrobiologiska analyser som redan används i slakteriers egenkontroll går det att jämföra bakteriehalter efter en fördröjning med anläggningens normala nivåer.

Om organen inte hunnit tas ut ur djuret när avbrottet sker kan det göra att slaktkroppen kyls ned ännu långsammare. Det finns också en risk att bakterier från tarmen sprids till omgivande

vävnad om tarmväggen försvagas eller går sönder. Studier på nötkreatur där man väntat upp till 4 timmar med att ta ut organen visar dock inga tecken på sådan spridning. Äldre studier på andra djurslag tyder på att det oftast tar mer än ett dygn innan tarmväggen försvagas så mycket att bakterier kan läcka ut. Ett praktiskt problem är däremot att gasbildningen i bukorganen ökar vid fördröjt urtag, vilket gör arbetet svårare och kan öka risken för att slaktkroppen kontamineras med avföring.

Summary

Slaughter process disruptions

Microbiological risks associated with delayed cooling

When domestic animals such as cattle, pigs, and sheep are slaughtered, unforeseen disruptions, such as power outages, may occur, causing the slaughter process to be interrupted or cooling systems to fail. If carcass cooling is delayed, bacteria present on the carcasses have more time to grow than under normal handling conditions.

This report assesses the microbiological risks associated with delayed carcass cooling. To investigate these risks, a range of scenarios was modelled in which cooling was delayed for up to 36 hours. During the delay, the temperature in the slaughter hall was assumed to be 15 °C, 20 °C, or 25 °C. The carcasses were subsequently transferred to cold storage and cooled to a surface temperature of 3 °C. Mathematical models were used to estimate bacterial growth under each scenario. The results were then compared with the estimated bacterial growth after standard handling procedures, in which carcasses are cooled immediately after slaughter.

The modelling results showed that bacterial growth increased with both higher temperatures and longer cooling delays. The magnitude of the increase varied slightly between animal species. Although Salmonella is rarely detected on carcasses in Sweden, it exhibited the fastest growth among the bacteria considered at the temperatures studied and was therefore selected to represent a worst-case scenario. For beef carcass, a 4-hour delay in cooling at a slaughter hall temperature of 15 °C was estimated to increase Salmonella levels by nearly 1 log unit compared with standard cooling. At 25 °C, the corresponding increase was nearly 2 log units. With a 12-hour cooling delay, the estimated increase was nearly 2 log units at 15 °C and just over 4 log units at 25 °C.

To assess the potential risk to consumers, it is necessary to consider not only the extent of bacterial growth but also the bacterial levels to which consumers may be exposed. These levels are affected by subsequent handling of the meat, including storage, transport, and cooking. Higher bacterial levels also increase the risk of transmission to other foods in the kitchen through cross-contamination. However, meat is generally cooked or processed before consumption, which reduces the bacterial load and, consequently, the dose ingested by the consumer.

So-called indicator bacteria can also be used to assess the impact of delayed cooling. By using the same sampling and microbiological analysis methods already employed in slaughterhouse in-house control programs, it is possible to compare bacterial levels following a delay against the facility's normal baseline levels.

If the organs have not yet been removed when a disruption to the slaughter process occurs, carcass cooling may be further delayed. There is also a potential risk of bacterial contamination of the surrounding tissues if the intestinal wall weakens or ruptures. However, studies on cattle involving organ removal delays of up to four hours show no signs of such spread. Older studies on other animal species suggest that it usually takes more than 24 hours for the intestinal wall to weaken sufficiently for bacteria to leak out. A practical issue, however, is that gas formation in the abdominal organs increases with delayed evisceration, making the work more difficult and potentially increasing the risk of faecal contamination of the carcass.

N.B. The full version of the publication was produced in Swedish. Only the title and summary have been translated to English.

Bakgrund (från frågeställaren)

I samband med slakt av tama hov- och klövdjur inträffar det då och då något som gör att slakten står stilla eller att kylarna slutar fungera, exempelvis elavbrott. Detta kan innebära att slaktkroppar blir kvar i slakthallen i flera timmar, ibland med alla bröst- och bukorgan kvar i kroppen.

Temperaturen i slakthallen är oftast lägre än slaktkropparnas men kan variera beroende på årstid. Om slakten står stilla eller kylarna slutar fungera sker ingen tillräcklig nedkylning av slaktkroppar och slaktbiprodukter. Målet med kylningen är att slaktkroppar och slaktbiprodukter ska ner till en temperatur av högst 7 respektive 3 °C. Det finns dock ingen tidsaspekt angiven för när dessa temperaturer ska uppnås.

Det är svårt för officiell veterinär (OV) att avgöra när köttet kan utgöra en risk för konsumenter och därmed när beslut om produkt och/eller företagsåtgärder kan bli aktuella. För att OV ska kunna fatta beslut på vetenskaplig grund behövs stöd kopplat till frågeställningarna.

Övergripande frågeställning:

När kan slaktkroppar/kött/inälvor utgöra en risk för konsumenter på grund av otillräcklig eller försenad kylning och/eller urtagning?

Specifika frågor som ska besvaras:

1. Hur snabbt behöver bukorganen tas ur slaktkroppar av svin, nöt och får innan slaktkroppens mikrobiologiska status försämras och kan utgöra en risk för konsumenter?
2. Hur kan halterna av relevanta bakterier på slaktkroppar och inälvor förändras vid försenad nedkylning till 7 °C (slaktkroppar) respektive 3 °C (inälvor) och hur kan dessa halter påverka risken för konsumenter?
3. Finns det mikrobiologiska analysmetoder för att utvärdera effekten av en försenad kylning eller urtagning på den mikrobiologiska statusen på slaktkroppar/kött/inälvor?

Metoder

Litteratursammanställningar

För att besvara frågorna har information inhämtats från publicerade källor. Tabell 1 visar resultat från sökning av vetenskapliga publikationer i databaserna PubMed, FSTA och Primo. Utöver resultaten från dessa sökningar har information inhämtats från publikationer som påvisats i referenslistor, samt erhållits genom explorativa sökningar på webben.

Tabell 1. Söksträngar i PubMed, FSTA och Primo, antal träffar samt antal publikationer som valts ut för noggrannare genomläsning baserat på titel och abstract. Sökningarna utfördes i februari 2026.

Söksträng	Träffar	Urval
PubMed: (bovine[tiab] OR ovine[tiab] OR caprine[tiab] OR sheep[tiab] OR lamb*[tiab] OR cattle[tiab] OR goat*[tiab] OR "Reindeer"[Mesh] OR Reindeer[tiab] OR rangifer[tiab] OR “tarandus tarandus”[tiab] OR cervid*[tiab] OR ungulat*[tiab] OR wild boar[tiab]) AND (evisceration[tiab] OR flaying[tiab] OR skinning[tiab] OR siding[tiab] OR capping[tiab]) AND (microbial*[tiab] OR pathogen*[tiab])	51	4
FSTA: Carcass AND temperature	168	11
Primo: Carcass AND temperature AND hygiene	201	19

Modellering

Scenarier

Det saknas mikrobiologiska data som beskriver halter av mikroorganismer under alla de olika förhållanden som kan rymmas inom möjliga scenarier som frågorna omfattar. Därför besvarades fråga 2 genom prognosmikrobiologisk modellering. Ett antal scenarier togs fram för att utvärdera den potentiella förökningen av några relevanta bakterier på slaktkroppens yta under hela processen från avblodning till att slaktkroppen kylts ner. Det bedömdes vara av stor betydelse att jämföra effekten av den försenade nedkylningen i relation till vad som kan rymmas inom en ”normal” process. Även en ”normal” process varierar mycket mellan olika slakterier, djurslag och dagar. De scenarier som togs fram bygger på data om hur yttemperaturen, pH och vattenaktivitet (a_w) kan variera på slaktkroppar av nöt, lamm/får och gris under en typisk nedkylningsprocess (EFSA, 2014a, EFSA, 2026). Scenarierna togs fram med informationen i Tabell 2, vilka är baserade på medelvärden av data. Användande av medelvärden innebär att det i data förekommer nedkylningsprocesser samt pH och a_w-förändringar som går både snabbare och långsammare.

Temperaturen på slaktkroppens yta beräknades med hjälp av ekvation 1.

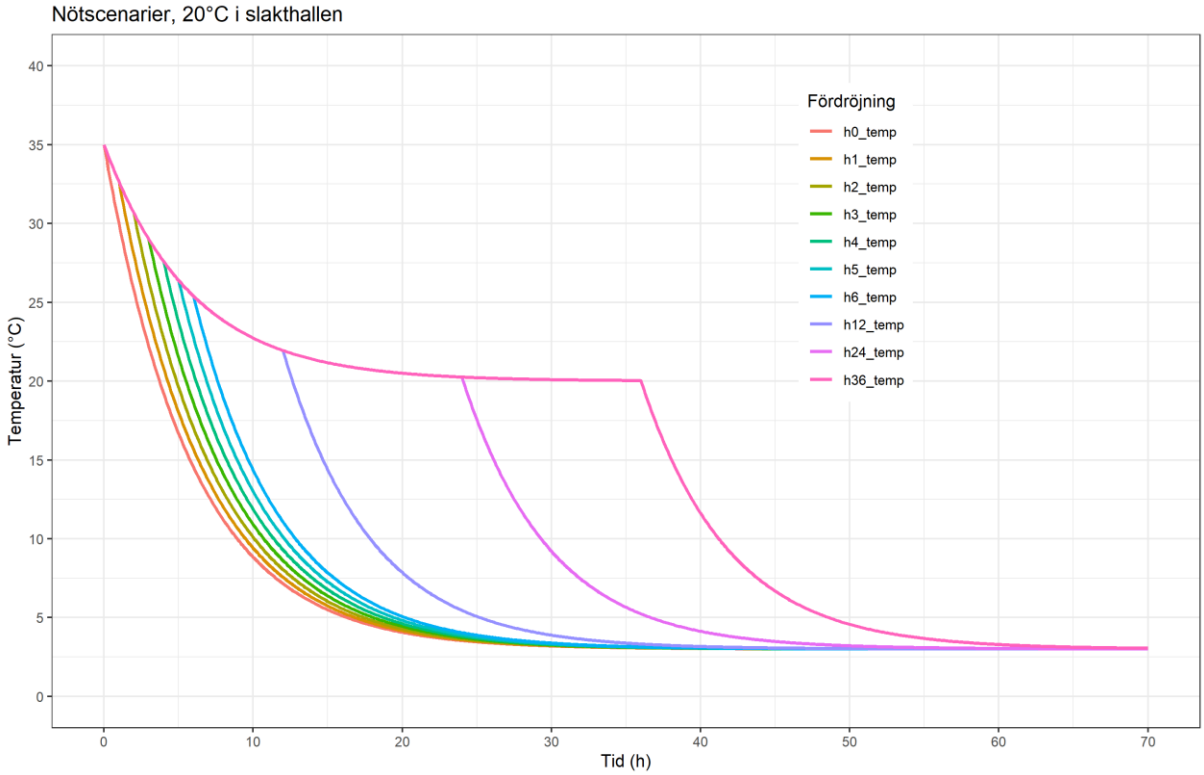
$$T = T_0 + (T_i - T_0) \times e^{(-k \times t)} \qquad \text{Ekvation 1}$$

Där T är temperaturen på ytan av slaktkroppen vid tiden t, T_i är slaktkroppens initiala temperatur och T_0 är omgivningstemperaturen, det vill säga temperaturen i slakthallen eller kylrummet. Hastighetskonstanten k beskriver hur snabbt temperaturskillnaden mellan slaktkroppen och omgivningen minskar, medan t anger tiden. Ekvation 1 baseras på den form som anges för gris (Tabell 2). För nöt och lamm modifierades ekvationen till samma form (ekvation 1) för att även kunna beskriva den minskning av slaktkroppens yttemperatur som sker i slakthallen. I modellen antogs att hastighetskonstanten k är densamma i slakthallen och i kylrummet, eftersom slaktkroppens relevanta egenskaper antogs vara oförändrade mellan de olika omgivningsmiljöerna. Temperaturskillnaden mellan slaktkroppen och omgivningen (temperaturgradienten T_i-T_0) är dock vanligtvis mindre i slakthallen än i ett kylrum.

Tabell 2. Värden och formler för att beskriva hur yttemperatur, pH och vattenaktivitet varierar under normal nedkylning av slaktkroppar av nöt, gris eller får (EFSA, 2026).

Miljöfaktor	Nöt	Gris	Får
Temperatur	$T=26{,}3 \times e^{(-0{,}17t)}$	$T=4{,}2 + (12{,}1 - 4{,}2) \times e^{(-0{,}105t)}$	$T=21{,}8 \times e^{(-0{,}11t)}$
Tid till kärn-temperatur 7 °C	26,6	19,3	12,5
pH	$pH = (7 - 5{,}72) \times e^{(-0{,}35t)} + 5{,}72$	$pH = (7 - 5{,}70) \times e^{(-0{,}44t)} + 5{,}70$	$pH = (7 - 5{,}76) \times e^{(-0{,}27t)} + 5{,}76$
a_w	$a_w = 0{,}990 - [(0{,}990-0{,}970)/26{,}6] \times t$	$a_w = 0{,}990 - [(0{,}990-0{,}970)/19{,}3] \times t$	$a_w = 0{,}990 - [(0{,}990-0{,}970)/12{,}5] \times t$

Scenarierna som togs fram speglade dels kortare avbrott, 0 till 6 timmar, följt av ”normal” nedkylning (förflyttning till kylrum), dels längre avbrott, upp till 36 timmar, följt av en ”normal” nedkylning. Temperaturen i kylrummet antogs vara 3 °C. Fördröjning med 0 timmar är baslinjen där nedkylningen från initial temperatur till kylrumstemperatur startar direkt. För övriga scenarier sker först en nedkylning i slakthallen med en gradient som utgörs av temperaturen på slaktkroppens yta och temperaturen i slakthallen, varefter nedkylning startar med en gradient som utgörs av temperaturen på slaktkroppens yta vid denna tidpunkt och temperaturen i kylrummet. Alla scenarier, från tiden i slakthallen under fördröjningen och tiden i kylrummet omfattade 100 timmar, vilket med god marginal räckte för att slaktkroppens yta skulle hinna uppnå 3 °C. För att undersöka effekten av olika temperaturer i slakthallen, exempelvis olika årstider eller möjligheter till viss temperaturstyrning beräknades förökningen vid tre olika temperaturer, 15, 20 och 25 °C. I Figur 1 visas ett exempel på hur yttemperaturen varierar i de olika scenarierna vid en temperatur av 20 °C i slakthallen.



Figur 1. Exempel på yttemperaturscenarier för fördröjd nedkylning vid slakt av nöt i en slakthall som håller 20 °C. Beteckningen h0_temp innebär 0 timmar innan förflyttning till kylrum (3 °C), h1_temp innebär 1 timme innan förflyttning till kylrum och så vidare.

Prognosmodeller - förökning

Det primära syftet var att jämföra ökningen av bakteriehalter på slaktkropparna efter att de gått igenom olika scenarier där temperaturen, pH och a_w på slaktkropparna varierar över tid. De valda modellerna skiljer sig åt i vilka och hur många av faktorerna pH, a_w och mjölksyra som ingår och ingen inkluderar explicit effekten av konkurrerande mikrobiota. Dessutom finns det inte specifika modeller för nöt, gris och lamm utan eventuella skillnader i förökning mellan dessa djurslag reflekteras i de olika värdena för temperatur, pH och a_w över tid (Tabell 2). För att i någon mån adressera denna osäkerhet så valdes modeller som bedömts vara av god kvalitet och som är kalibrerade eller validerade med oberoende tillväxtdata i färskt kött (EFSA, 2026).

De bakterier som modellerades var Shiga-toxinproducerande Escherichia coli (STEC), Listeria monocytogenes och Salmonella, samt indikatorbakterien E. coli, mjölksyrabakterier (LAB) och Pseudomonas (psykrotrofa pseudomonader). Alla dessa har ingått som relevanta bakterier i rapporter där Efsa utvärderat temperaturscenarier på slaktkroppar (EFSA, 2014a, EFSA, 2014b, EFSA, 2026). Modeller för tillväxt av STEC och Salmonella valdes då de är patogener som förekommer på slaktkroppar. Även om L. monocytogenes kan förekomma på slaktkroppar är bakterien vanligen inte en orsak till utbrott via färskt kött. Den valdes därför

främst som en modell för patogener som kan förökas vid låga temperaturer, exempelvis Yersinia enterocolitica. Som exempel på indikatorbakterier valdes Pseudomonas som är viktiga förskämningsbakterier på kött i aeroba miljöer och utgör en stor del av totalantalet aeroba bakterier under dessa förhållanden (EFSA, 2026), och mjölksyrabakterier (LAB) som kan förökas vid aeroba förhållanden men framför allt vid låga syrehalter såsom i vacuum eller förpackningar med modifierad atmosfär. STEC-modellen är även representativ för hur andra E. coli-stammar kan förökas och visar på potentiell ökning av indikatororganismen E. coli där icke patogena stammar ingår.

Modellerna har publicerats som R skript (Annex K, (EFSA, 2026)) och dessa modifierades till att omfatta endast nedkylning i slakteriet och inte under lagring och transport för att kunna användas i de aktuella scenarierna. Alla beräkningar i rapporten och implementering av modeller gjordes med programvaran R (R Core Team, 2026). Modellernas prognoser jämfördes, validerades, i Efsa-rapporten med data från försök i färskt kött. Utifrån valideringen korrigerades systematiska över- eller underskattningar av tillväxten genom att multiplicera den beräknade tillväxthastigheten med en kalibreringsfaktor. Modellerna som användes i detta underlag beskrivs i Tabell 3.

A_f är faktorn som beskriver hur mycket modellens prognoser i genomsnitt avviker från de observerade värdena. Exempelvis innebär en A_f=1,43 att en beräknad tillväxthastighet på 0,8 h^{-1} ligger mellan 0,56 (0,8/1,43) och 1,14 (0,8×1,43) eller uttryckt som generationstid (=ln(2)/tillväxthastigheten) 52 min med ett spann mellan 36 och 74 min. I detta exempel tar en förökning på tio gånger (en log-enhet) mellan 2,0 och 4,1 timmar. Så även om modellerna med A_f i den här storleksordningen graderas som bra (EFSA, 2026), innebär det ändå att de simulerade värdena är förbundna med osäkerheter, särskilt vid längre tider.

Den initiala halten var 1 bakterie för de patogener, indikatorbakterier och förskämningsbakterier som modellerades. Ofta förekommer en lagtid (anpassningstid) innan en bakterie börjar föröka sig i en ny miljö. Mekanismerna bakom detta är inte helt utredda vilket utgör en kunskapslucka inom prognosmikrobiologin inte minst eftersom lagtiden beror på bakteriernas tidigare miljö vilken oftast är okänd. Längden på lagtiden innan förökning börjar har visats bero på geno- och fenotyp hos bakterien, inokuleringshalten, fysiologin hos populationen beroende på tidigare miljö, förändringar i miljön såsom temperatur, pH, vattenaktivitet, och näringstillgång. Lagtiden blir kortare om populationen redan är metaboliskt aktiv, exempelvis i den exponentiella tillväxtfasen, än om aktiviteten är låg, exempelvis i den stationära fasen (Mellefont et al., 2003a). I rapporten beräknades därför förökningen dels utan lagtid vilket utgör en slags ”worst-case” scenario, dels med lag-tid utifrån antaganden om omfattningen av denna. Det är vanligt att anta att bakterien har en fysiologisk status som bestämmer hur mycket ”arbete” som behövs innan förökning är möjlig

och att detta arbete beror på miljöförhållandena, reflekterat i tillväxthastigheten i den nya miljön (Robinson et al., 1998, Mellefont et al., 2003a). Detta resulterar i ett förhållandevis konstant förhållande mellan lagtid och generationstid uttryckt i begreppet relativ lagtid, RLT (Ross, 1999). Detta är en approximation och stora variationer förekommer.

Tabell 3. Beskrivning av prognosmodeller som används i rapporten (EFSA, 2026).

Mikroorganism	Faktorer i modellen	B_f (kalibrerings-faktor)[1]	A_f (precisions-faktor)[2]	Pålitlighet[3] (Poäng/max-poäng)
Salmonella	T, pH, a_w	1	1,49	8/8
L. monocytogenes	T, pH, a_w, LAC[4]	0,74	1,43	8/8
STEC/E. coli	T	1	1,45	6/8
Pseudomonas	T, a_w	0,73	1,55	6/8
LAB	T, pH, a_w, LAC[4]	1,4	1,68	6/8

[1] Systematisk över- eller underskattning från validering. Efter korrigering av resultatet med faktorn försvann denna bias.
[2] Accuracy factor, faktor som beskriver precisionen i prognosen, medelfelet, vilken kan vara över- eller underskattning.
[3] Sammanvägd pålitlighet av modellen enligt kriterier i EFSA (2026) där 8 är det maximala, bästa värdet.
[4] En medelhalt på 51,7 mM mjölksyra (LAC) användes i beräkningarna (Meat & Livestock, 2026).

En sammanställning av relativa lagtider för en rad olika mikroorganismer visade att de vanligaste RLT var omkring 4 till 6. För E. coli på kött rekommenderades att använda 5 generationer som lagtid (Meat & Livestock, 2026, Ross, 1999). Vilka relativa lagtider som väljs är i viss utsträckning godtyckligt givet den stora variation som finns. Utifrån rekommendationen för E. coli (Meat & Livestock, 2026) och publicerade resultat antogs 5 generationer som lagtid för patogener samt E. coli och 3 generationer för Pseudomonas och LAB (Mellefont et al., 2003b, Mejlholm and Dalgaard, 2007, Augustin and Carlier, 2000, Smith, 1985, Ingham et al., 2007, Delignette-Muller, 1998, Østergaard et al., 2015, Borneman et al., 2009). En beräknad ökning kan justeras efter önskad lagtid. Om lagtiden är 3 generationer blir det 8 gånger färre bakterier (motsvande 0,9 log-enheter) jämfört med om det inte finns någon lagtid. På motsvarande sätt ger en lagtid på 5 generationer 32 gånger färre bakterier (motsvarande 1,5 log-enheter).

Prognosmodeller - Avdödning genom värmebehandling

Eftersom rått kött oftast värmebehandlas innan konsumtion, beräknades avdödningen av bakterien med snabbast förökning genom värmebehandling med D och z-värden från litteraturen (van Asselt and Zwietering, 2006). D-värdet är tiden för en log-reduktion och z-värdet beskriver hur många grader som krävs för att ändra D-värdet med en log-enhet. Van Asselt och Zweitering (2006) sammanställde D och z-värden för ett stort antal bakterier och i

olika matriser/livsmedel. De kom fram till att variationen på grund av olika stammar men även experimentella variationer var lika stor som variationen mellan olika arter. Deras slutsats var att medelvärden för D respektive ett ”worst-case-scenario” genom att ta mer extrema värden på D, till exempel 95-percentilen, är en bra utgångspunkt för att utvärdera en värmebehandlingsprocess. Med utgångspunkt från D-värden vid referenstemperaturen 70 °C, beräknades D-värden för olika temperaturer och den totala log-reduktionen med ekvation 2.

$$\log(D_T) = \log\left(D_{ref}\right) - \frac{(T - T_{ref})}{z} \qquad \text{Ekvation 2}$$

$$\log R = \frac{tid}{10^{\log(D_T)}}$$

Log D_T är D-värdet vid den önskade temperaturen och $\log D_{ref}$ är värdet vid referenstemperaturen (70 °C). T är temperaturen för värmebehandlingen, T_{ref} är referenstemperaturen, och z-värdet är hur många graders ändring det krävs för att ändra D-värdet med en log-enhet. LogR är reduktionen i antalet log-enheter som värmebehandlingen ger upphov till, och tid är längden av värmebehandlingen vid den undersökta temperaturen. D-värdet och tiden behöver vara i samma enhet. En logreduktion på 3 innebär att antalet bakterier reduceras med en faktor 1000.

Dos-responssamband

Dos-responssamband beräknades för Salmonella, som stod för den högsta potentiella förökningen i våra beräkningar, och för STEC. Detta gjordes för att illustrera betydelsen av intagen dos och den variation som finns mellan patogenerna och vilka dos-responsmodeller som används. För Salmonella användes en beta-poisson dos-responsmodell, ekvation 3, som beskriver sannolikheten för salmonellos i den allmänna populationen baserat på data från salmonellautbrott (WHO/FAO, 2002). För STEC användes två olika modeller, varav den ena en exponentiell modell, ekvation 4, som beskriver sannolikheten för HUS (hemolytiskt uremiskt syndrom) i en känslig population, barn (0 till 5 år), baserat på ett utbrott med frysta hamburgare i Frankrike (Delignette-Muller et al., 2008). Den andra modellen var en exakt beta-poisson modell, ekvation 5, som beskriver sannolikheten för infektion bland skolelever, baserat på ett utbrott med E. coli O157:H7 på skolor i Japan (Teunis et al., 2004). I detta utbrott innebar infektion att bakterien påvisades i avföringen, vilket inkluderade både symptomatiska och asymptomatiska fall.

$$P_{salmonellos} = 1 - \left(1 + \frac{dos}{beta}\right)^{-alfa} \qquad \text{Ekvation 3 – beta-poisson}$$

$$P_{HUS} = 1 - e^{(-r \times dos)} \qquad \text{Ekvation 4 – exponentiell}$$

$$P_{infektion} = 1 - \ {}_1F_1(alfa, alfa + beta, -dos) \qquad \text{Ekvation 5 – exakt beta-poisson}$$

Där P är sannolikheten för de olika utfallen (salmonellos, HUS, infektion), dos är dosen i antal bakterier, r, alfa och beta är parametrar och 1F1 är den hypergeometriska funktionen som ingår i den exakta lösningen av beta-poisson dos-responsmodellen. Den lösningen krävs om inte alfa <<beta, och beta >>1 (Teunis et al., 2004). För salmonellos (Ekvation 1) var α=0,1324, β=51,45, för STEC (Ekvation 2) var r=1,2x10^{-3}, och för STEC infektion (Ekvation 3) var α=0,0844, β=1,442. Parametern r kan tolkas som sannolikheten att 1 bakterie initierar en respons. I beta-poisson modellen antas att den parametern inte är konstant utan varierar med bakteriens virulens och värdens motståndskraft enligt en beta-fördelning, där alfa och beta är parametrarna i den fördelningen (Teunis et al., 2004). De extra parametrarna gör beta-poisson modellen mer flexibel och att den kan beskriva olika utseenden på dos-responskurvan.

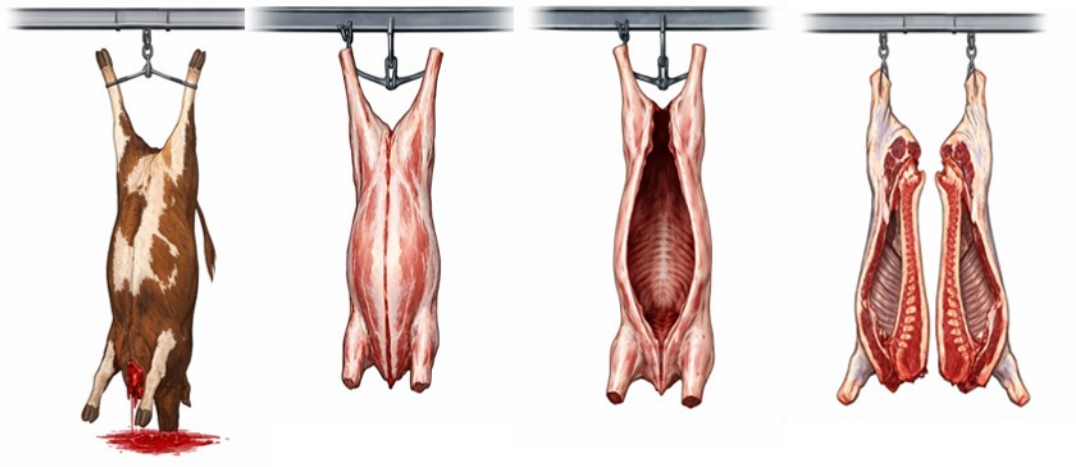
Faroidentifiering

Nedkylning av slaktkroppar och problem vid avbrott i slaktprocessen

Enligt europeiska förordningen nr 853/2004 framgår i kapitel IV om slakthygien för tama hov- och klövdjur att bedövning, avblodning, avhudning, urtagning och annan uppslaktning skall utföras utan onödigt dröjsmål och på ett sådant sätt att kontaminering av köttet undviks. I detta ingår alltså att säkerställa att urtagningen av organ görs så snabbt som möjligt efter avblodningen samt att mag- och tarminnehåll ska förhindras att komma ut under och efter urtagning.

Enligt kapitel VII i samma förordning ska köttet efter besiktningen (postmortem-inspektion) omedelbart kylas i slakteriet för att garantera en kärntemperatur av högst 7 °C för kött och högst 3 °C för slaktbiprodukter. Kylkurvan ska ge en kontinuerlig sänkning av temperaturen men någon tidsgräns för när dessa temperaturer ska uppnås anges inte.

Avbrott i slaktprocessen kan bero på till exempel elavbrott eller problem med produktionsutrustningen (Junqueira et al., 2024). Djuren som bedövats och avblodats kan befinna sig i olika steg vid ett avbrott, vilka påverkar temperaturen i muskulatur och organ. De kan vara tämligen intakta med hud och organ eller som urtagna slaktkroppar (Figur 2). Om organen inte tagits ur, utgör dessa en värmekälla (Barbani et al., 2021).



Figur 2. Några olika exempel på var under slaktprocessen ett nötkreatur kan befinna sig under ett avbrott, där djuren kan vara urtagna eller ha organen kvar. Figuren är AI-genererad.

För slaktsvin ser det lite annorlunda ut eftersom de inte avhudas utan går igenom olika steg som skållning i varmt vatten (ca 60–62 °C), skrapning (avhårning) och svedning (flamning) efter avblodningen. Svedningen innebär att slaktkroppen under kort tid (sekunder) utsätts för

en gaslåga med mycket hög temperatur (ca 1000 °C), vilket har en antimikrobiell effekt på exponerad yta (Buncic, 2006).

Kontamination av slaktkroppar

Muskelvävnad i slaktkroppen är i princip steril omedelbart efter slakt (Gill, 2004). Alla ytor på slaktkroppen kontamineras dock med bakterier som bland annat härstammar från djurens hud (avföring och jord), från utrustning och miljö i anläggningen samt personalens händer under hantering. Kontamination kan även ske vid urtagning av organen, till exempel vid läckage av tarminnehåll. Följaktligen kontamineras köttets ytor med en mängd olika mikroorganismer, inklusive psykrotrofer från miljökällor, som kan växa vid kyltemperaturer, samt mesofiler som härrör från djurens egen mikrobiota. Det ursprungliga antalet bakterier på köttets yta är vanligtvis omkring 10^3 per cm^2 (Gill, 2004).

Tillväxt av bakterier

Direkt efter avblodning är temperaturen på ytan av slaktkroppar optimal för tillväxt av patogena bakterier och vissa förskämmande organismer. Det är därför viktigt att slaktkropparna kyls snabbt för att förhindra bakterietillväxt på ytan. Samtidigt ska kylningen av slaktkroppen inte ske för hastigt, för att undvika köldsammandragning i muskulaturen som resulterar i segt kött (EFSA, 2014a).

Temperaturen är den viktigaste faktorn som påverkar bakteriers tillväxt på slaktkroppar, men även pH och vattenaktivitet (a_w) kan påverka (EFSA, 2014a). Just efter avblodning är pH i musklerna omkring 7 men sjunker på grund av anaerob glykolys ner till ungefär 5,3–5,8 (Savell et al., 2005). För fläskkött uppnås detta inom 6–12 timmar och för nötkött inom 18–40 timmar (Savell et al., 2005). Vattenaktiviteten i färskt kött är mycket hög, cirka 0,99 (ICMSF, 1996), och kan minska ner till 0,95 på grund av att ytan torkar ut under luftkylning (EFSA, 2014a). Andra faktorer, såsom näringstillgång och atmosfär (till exempel tillgång till syre), påverkar också bakterietillväxten. Konkurrens från förskämningsbakterier kan också hämma patogenernas förökning.

Patogener

Det finns flera patogener som kan förekomma på slaktkroppar men enligt tidigare expertutlåtanden har Salmonella, STEC, Yersinia enterocolitica (främst gris) och Listeria monocytogenes högst relevans när kylning av slaktkroppar ska utvärderas (EC, 1999, EFSA, 2014a). I Tabell 4 beskrivs olika intervall och gränser inom vilka tillväxt för dessa patogener är möjlig. Värdena som anges är hämtade från olika sammanställningar från tillväxtstudier i odlingsmedia, och bör ses som ungefärliga. Även Campylobacter spp. kan kontaminera

slaktkroppar (främst fjäderfä) men växer vanligtvis inte utanför sin värd och aldrig vid temperaturer under 30 °C (EFSA, 2014a).

Tabell 4. Minimum, maximum och optimum av temperatur och pH samt minimum vattenaktivitet för tillväxt av livsmedelsburna bakterier av relevans för nedkylning av slaktkroppar (ICMSF, 1996).

Bakterie	pH, optimum (min–max)	Temperatur (°C), optimum (min–max)	Vattenaktivitet, min
Salmonella enterica	7–7,5 (3,8–9,5)	35–43 (5,2a–46)	0,94
STEC	6–7 (4,4–9)	35–40 (7–46)	0,95
Yersinia enterocolitica	7,2 (4,2–9,6)	25–37 (-1,3–42)	0,96
Listeria monocytogenes	7 (4,4–9,4)	37 (-0,4–45)	0,92

[a] De flesta serotyper växer inte vid temperaturer under 7 °C.

Salmonella

Salmonella är ett släkte (genus) av zoonotiska tarmbakterier som tillhör familjen Enterobacteriaceae (Adams and Moss, 2008). De flesta serotyper som förknippas med livsmedelsburen sjukdom återfinns under S. enterica subsp. enterica (FDA, 2012, Blackburn and McClure, 2009). Salmonella förekommer naturligt i tarmsystemet hos ett brett spektrum av både varmblodiga och kallblodiga djur. Dessa är ofta symptomfria bärare men kan också i varierande grad bli sjuka av infektionen. Många serotyper av Salmonella förekommer hos flera djurarter medan några är värdspecifika, som till exempel S. Dublin (nötkreatur). Från infekterade individer utsöndras bakterier via avföringen och kan därifrån spridas antingen direkt till livsmedel eller via till exempel bevattningsvatten (Adams and Moss, 2008).

Det svenska salmonellakontrollprogrammet syftar till att inhemska animaliska produkter ska vara fria från Salmonella (SVA, 2025). Salmonella påvisades inte i något av de svabbprover som tagits från slaktkroppar av nötkreatur (n=3952) och grisar (n=6453) på svenska slakterier 2024. Däremot påvisades Salmonella i 0,1 % av provtagna lymfknutor från nötkreatur (n=3993) respektive slaktsvin (n=3361) under samma period (SVA, 2025).

STEC

Shigatoxinproducerande E. coli (STEC) tillhör familjen Enterobacteriaceae och kan orsaka allvarlig tarminfektion hos människor. Nötkreatur är den viktigaste reservoaren för STEC

men även andra djurarter kan fungera som bärare och spridare av bakterien (SVA, 2025). Djur blir inte sjuka av STEC. Smittan sprids fekalt-oralt och många olika livsmedel har kopplats samman med utbrott. I Sverige har utbrott orsakats av bland annat opastöriserad mjölk, sallad som bevattnats med förorenat vatten, otillräckligt tillagade hamburgare och kallrökt korv (Nyberg, 2021, Sartz et al., 2008, Söderström et al., 2008).

Det finns inget officiellt kontrollprogram för STEC i Sverige. Däremot genomförs prevalensstudier regelbundet. Under 2023 och 2024 analyserades träckprover från nötkreatur på slakterier för STEC O26 och STEC O157 och förekomsten var 4 respektive 2 %. Ungefär en tredjedel av de påvisade O157-stammarna utgjordes av den högvirulenta klad 8-typen medan övriga tillhörde typer som inte förknippas med utbrott bland människor (SVA, 2025). Även bland STEC O26 dominerade förmodat lågvirulenta typer.

Yersinia enterocolitica

Yersinia enterocolitica tillhör familjen Yersiniaceae och är en zoonotisk bakterie. Grisar anses vara den viktigaste reservoaren för Y. enterocolitica där bakterien främst förekommer i tonsiller och tarminnehåll. Grisar är symptomfria bärare av bakterien. Den vanligaste humanpatogena bioserotypen är Y. enterocolitica 4/O:3 (SVA, 2025). Infektioner orsakade av Y. enterocolitica tros oftast vara livsmedelsburna och såväl griskött som grönsaker har figurerat som smittkälla i tidigare utbrott (SVA, 2025). Till skillnad från de flesta patogener kan Y. enterocolitica tillväxa även vid kylskåpstemperatur, vilket kan bli ett problem i produkter som förvaras länge i kyla som till exempel vakuumförpackat griskött (Adams and Moss, 2008).

Det finns inget officiellt kontrollprogram för Yersinia spp i livsmedel. Den senast tillgängliga informationen, från 2014–2015, tyder på att Y. enterocolitica förekommer i cirka 30 % av de svenska grisbesättningarna, vilket är ungefär densamma som i andra grisproducerande länder i Europa (SVA, 2025). I prover från slaktkroppar av svin och nöt på svenska slakterier detekterades Y. enterocolitica (PCR-analys) i 16 respektive 5 % av proverna (Lindblad et al., 2007, Lindblad, 2008).

Listeria monocytogenes

Listeria monocytogenes tillhör familjen Listeriaceae förekommer spritt i miljön och kan finnas i råvaror. Bakterien kan även förekomma i biofilm i anläggningar där livsmedel produceras (SVA, 2025). Listeria monocytogenes kan växa till i kylskåpstemperatur, i vakuumförpackade livsmedel och i modifierad atmosfär. Utbrott förknippas ofta med ätfärdiga produkter, till exempel rökt och gravad fisk, skivat köttpålägg, patéer, mögel- och kittostar och vissa kalla ätfärdiga maträtter (Livsmedelsverket, 2025). Listeria monocytogenes

kan infektera både djur och människor och variera från asymptomatisk infektion till sjukdom med allvarliga kliniska symptom (SVA, 2025).

Det finns inget officiellt kontrollprogram för L. monocytogenes i livsmedel. Producenter av ätfärdiga livsmedel är skyldiga att ta prover av livsmedel, lokaler och utrustning för analys av L. monocytogenes som en del av sin egenkontroll enligt (EG) nr 2073/2005 om mikrobiologiska kriterier för livsmedel. På slakterier kan L. monocytogenes komma från slaktdjuren eller produktionsmiljön. Under 2024 rapporterades L. monocytogenes förekomma hos cirka 2 % av nötkreatur och 4 % av små idisslare (får och getter) som provtagits i europeiska länder (EFSA/ECDC, 2025). Det framgår dock inte vilket provmaterial som analyserats. I en svensk undersökning påvisades L. monocytogenes på 3 respektive 1 % av undersökta slaktkroppar av svin och nöt (Lindblad et al., 2007, Lindblad, 2008).

Förskämningsbakterier

Eftersom pH och a_w i muskelvävnad är gynnsamma för bakteriell tillväxt är det främst temperaturen som begränsar den aeroba tillväxten av många bakterier på denna vävnad. De bakterier som kan växa snabbast vid rådande temperatur kommer således att dominera (Gill, 2004). Psykrotrofa arter inom släktet Pseudomonas dominerar vanligtvis när köttet förvaras vid temperaturer upp till cirka 20 °C i en aerob miljö. Först när mängden lättillgänglig glukos tar slut, vanligen när bakteriehalten når omkring 10^8 per cm^2 på nötkött, börjar dessa bakterier bryta ner aminosyror och förskämningen initieras (Gill, 2004). Vid högre temperaturer dominerar i stället mesofila bakterier inom familjen Enterobacteriaceae (Gill, 2004). Köldtåliga arter av Enterobacteriaceae, såsom Hafnia alvei, Serratia liquefaciens och Pantoea agglomerans, finns ofta närvarande under aeroba förhållanden och kan bidra till köttförskämning, särskilt vid olämpligt höga temperaturer (McSharry et al., 2021). Mjölksyrabakterier (LAB) kan föröka sig vid aeroba förhållanden. De är oftast inte den haltmässigt viktigaste bakteriegruppen på slaktkropparna under dessa förhållanden men de är relevanta och kan vara de dominerande förskämningsbakterierna när köttet förpackats anaerobt i senare led (Reid et al., 2017).

Farokarakterisering

Patogener

Enligt tidigare expertutlåtanden har Salmonella, STEC, Y. enterocolitica och L. monocytogenes rapporterats ha högst relevans vid utvärdering av nedkylning av slaktkroppar (EC, 1999, EFSA, 2014a). Information om effekten på människa av dessa patogener ges nedan.

Salmonella

Inkubationstiden för Salmonellainfektion är oftast ett till tre dygn. Infektionen ger vanligen ett akut insjuknande med magkramper, feber, diarré av varierande intensitet och ibland kräkningar. Ofta är symptom lindriga och infektionen kan också förlöpa symptomlöst. Komplikationer med ledinflammation kan uppträda. Bakterierna kan spridas till blodet och orsaka sepsis, framför allt hos patienter med allvarliga underliggande sjukdomar (Socialstyrelsen, 2013).

STEC

De varianter av STEC som påvisas hos människa kan ge allt från lindrig gastroenterit till blodiga diarréer. Inkubationstiden är vanligtvis tre till fyra dygn (FDA, 2012). Infektionen kan ibland leda till mer allvarliga komplikationer såsom sönderfall av röda blodkroppar och njursvikt, så kallat hemolytiskt uremiskt syndrom (HUS). Barn och äldre löper störst risk att få allvarliga symptom. Komplikationerna kan kräva dialys och intensivvård och dödsfall förekommer (Folkhälsomyndigheten, 2025). STEC behöver nödvändigtvis inte föröka sig i ett livsmedel för att orsaka sjukdom (Lawley et al., 2012).

Yersinia enterocolitica

Infektion med Y. enterocolitica kan ge symptom med magkramp, feber och diarré efter en inkubationstid på 1 till 11 dagar. Yersinios är oftast självläkande och går över inom 1 till 2 veckor. I vissa fall kan följdsjukdomar uppkomma, såsom olika autoimmuna komplikationer eller inflammatorisk reumatism (Adams and Moss, 2008). Oftast krävs det att Y. enterocolitica förökas i livsmedlet för att orsaka sjukdom (FDA, 2012).

Listeria monocytogenes

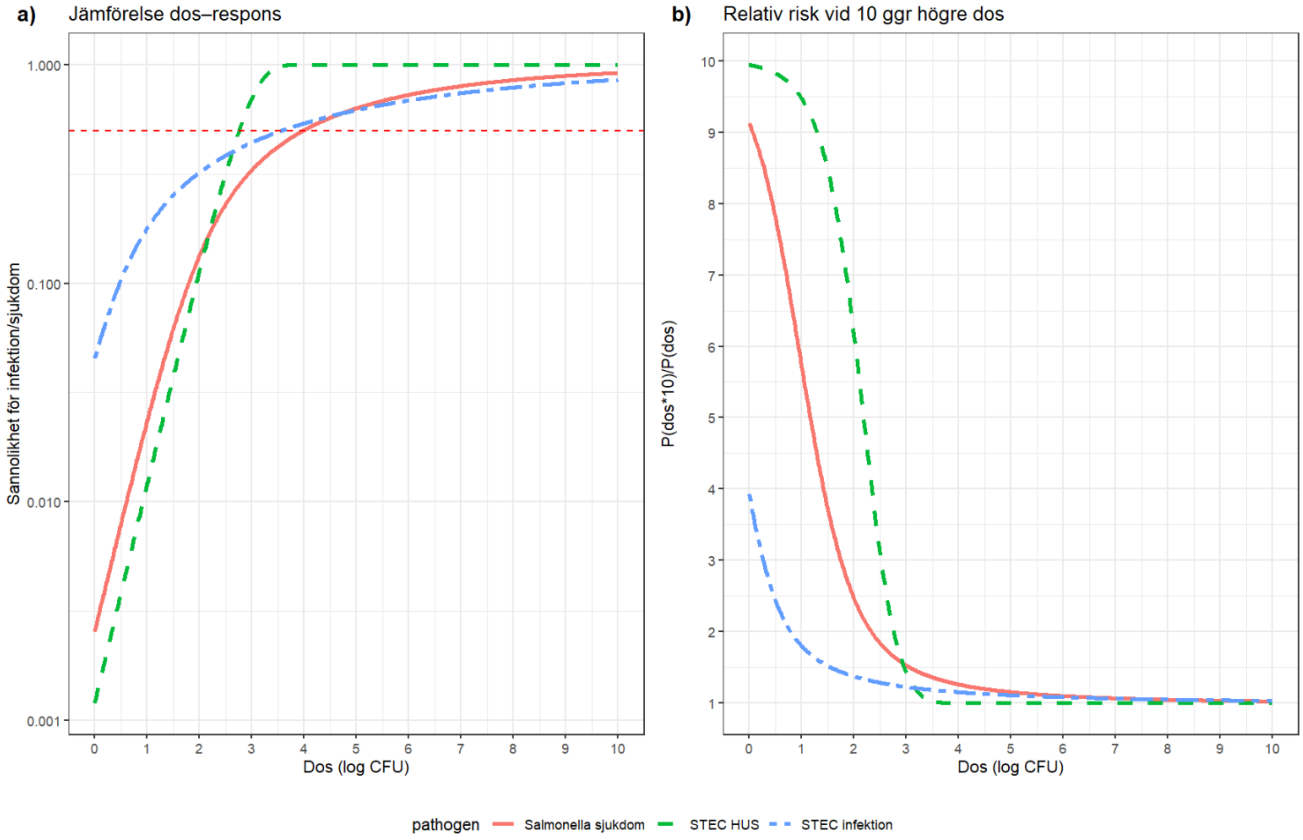
Listeria monocytogenes kan orsaka invasiv eller icke-invasiv listerios (FDA, 2012). Den invasiva formen kan orsaka blodförgiftning och hjärnhinneinflammation och har en hög mortalitet eftersom den främst drabbar äldre och immunsvaga individer. Den kan också

orsaka missfall om den drabbade är gravid. Den icke-invasiva formen ger symptom som till exempel feber och diarré och kan även drabba friska individer (FDA, 2012).

Dos-respons: Risken vid konsumtion av olika doser av patogener

Exponering för en infektiös bakterie kan leda till infektion det vill säga att bakterien sätter sig fast i tarmen och börjar föröka sig. Detta stadium kan leda till lindriga eller mer allvarliga symptom, och i ovanliga fall till död. När som helst i denna sekvens kan värden genom sitt immunförsvar tillfriskna från symptomen och avvärja infektionen. Ibland kan följdsjukdomar drabba den infekterade under kortare eller längre tid (Pogreba-Brown et al., 2020). Risken per portion bestäms av exponeringen (antalet bakterier, dosen, och andelen portioner som är kontaminerade) och dos-responsen för en specifik patogen och person. För färskt kött varierar exponeringen mycket beroende på ett stort antal faktorer; vilken patogen mikroorganism det gäller, köttslag, styckdetalj, bearbetningsgrad av köttet (till exempel färs), slakthygien, hantering i senare led och inte minst tillagning. Likaså varierar dos-responsen, det vill säga sambandet mellan den konsumerade dosen och sannolikheten för en viss typ av respons, med ett stort antal faktorer. Viktiga faktorer är virulensen hos den patogena mikroorganismen och känsligheten hos personen. Sammantaget leder detta till variationer i dos-responssambanden som kan omfatta flera tiopotenser (Buchanan et al., 2009) och utgör en stor kunskapslucka som bidrar till osäkerhet i uppskattningar av de absoluta riskerna. I Figur 3 illustreras hur sannolikheten för infektion eller sjukdom kan variera med ett brett spektrum av doser för Salmonella respektive STEC, i olika populationer och modeller.

Risken för STEC infektion är högre än för HUS och salmonellos vid låga doser men stiger inte lika snabbt med dosen som HUS-risken gör (Figur 3a). Det log-log-linjära sambandet är typiskt för den exponentiella modellen. Redan vid en dos strax över 3000 (3,5 log bakterier) bakterier är sannolikheten 1 för HUS bland barnen. Vid en dos av 10 bakterier (1 log) är risken 1 per 100 portioner att ett barn (0–5 år) utvecklar HUS, 2 per 100 portioner för en person att utveckla salmonellos och risken för att en elev i skolåldern infekteras med STEC (men inte nödvändigtvis får symptom) 18 per 100 portioner. I denna rapport utvärderas ökning i antalet bakterier vid fördröjd nedkylning jämfört med en baslinje, det vill säga normal nedkylning utan fördröjning. Därmed är det intressant att utvärdera hur mycket den relativa risken ökar för varje log-enhets (10 ggr) höjning av dosen. Figur 3b visar att den relativa risken av att öka dosen från 1 bakterie (0 log CFU) till 10 bakterier (1 log CFU) innebär en tio gånger större risk för HUS, nio gånger större risk för salmonellos, och 4 gånger högre risk för STEC infektion. Den relativa risken sjunker sedan med dosen och ändras inte nämnvärt vid doser över 1000 bakterier då den absoluta risken är endast långsamt stigande eller redan har närmat sig 1 (Figur 3a).



Figur 3. Jämförelse av olika dos-responsmodeller, populationer och patogener. a) Sannolikheten för salmonellos (Salmonella sjukdom), STEC infektion bland skolelever (STEC infektion), och HUS (hemolytiskt uremiskt syndrom) bland barn 0–5 år (STEC HUS) vid olika doser, b) Relativa risken av att öka dosen en log-enhet (10 ggr) vid olika doser. Den röda streckade linjen visar P_{50} som visar vilken dos som ger en 50-procentig sannolikhet för infektion/sjukdom.

Exponeringsuppskattning

Förekomst och halter av indikatororganismer

Slaktkroppar

Rapporterade halter av olika bakterier på slaktkroppar är mycket varierande, både mellan olika djurslag, för samma djurslag mellan slakterier och inom ett och samma slakteri (Alvseike et al., 2019, Alonso-Calleja et al., 2017). Den stora variationen beror på flera faktorer såsom slakthygien, djurens ålder och vikt och hur rena de är, hur och var prover tas och hur de analyseras (EFSA, 2026). I en del rapporter har specifika behandlingar för att reducera ytkontamination på slaktkroppar ingått i slaktprocessen, till exempel applicering av mjölksyra, hetvattenpastörisering eller vakuumtvätt. De senaste sammanställningar av bakteriehalter på slaktkroppar från Sverige är omkring 20 år gamla (Lindblad et al., 2007, Lindblad, 2008).

Enligt processhygienkriterier (kommissionens förordning (EG) nr 2073/2005) ska prover från slaktkroppar av olika djurslag tas inom egenkontrollen för att bedöma hygienen under slaktprocessen och därmed slaktkropparnas mikrobiologiska kvalitet. Proven ska tas före kylning och analyseras för totalantal aeroba bakterier respektive Enterobacteriaceae. I Sverige går det bra att använda såväl borrprover som svabbprover (kompress eller svamp) för analys av dessa indikatororganismer (Livsmedelsverket, 2024). Ett logaritmiskt medelvärde tas fram från provtagna djur och analysresultaten bedöms enligt Tabell 5 för att bestämma den mikrobiologiska kvaliteten. Om medelvärdet är större än den högre gränsen (M) är den mikrobiologiska kvaliteten otillfredsställande och åtgärder ska sättas in för att förbättra slakthygien och se över processkontroller i verksamheten. För nötkreatur och gris kan E. coli ersätta Enterobacteriaceae vid kontroll av slaktkroppar, med föreslagna gränser i Tabell 5 (Livsmedelsverket, 2024). Företagen har därför resultat från sin provtagning enligt de mikrobiologiska processhygienkriterierna. Dessa uppgifter rapporteras dock inte in till eller sammanställs av Livsmedelsverket.

Tabell 5. Översikt av gränser för dagligt logaritmiskt medelvärde för slaktkroppar av några djurslag (förenklat från 2073/2005) samt Livsmedelsverkets förslag till alternativa gränser vid provtagning av E. coli i stället för Enterobacteriaceae (Livsmedelsverket, 2024). Medelvärden ≤ m bedöms som tillfredsställande, värden mellan m och M som godtagbara och värden > M som otillfredsställande.

	Mikroorganismer	Gränser (log CFU/cm^2)	
		m	M
Slaktkroppar av nötkreatur och får	Totalantal aeroba bakterier	3,5	5
	Enterobacteriaceae	1,5	2,5
Slaktkroppar av nötkreatur	Escherichia coli	1,1	2,1
Slaktkroppar av svin	Totalantal aeroba bakterier	4	5
	Enterobacteriaceae	2	3
	Escherichia coli	1,6	2,6

I Tabell 6 ges en översikt av halter av indikatororganismer som påvisats på slaktkroppar före nedkylning (EFSA, 2026, Lindblad et al., 2007, Lindblad, 2008). Kontaminationen av slaktkroppar med olika mikroorganismer kan börja först när ytor av slaktkroppen exponeras, vilket främst sker i samband med avhudningen. Eftersom tiden från avhudning till aktiv nedkylning under normala förhållanden är kort, bedöms halterna innan kylning överensstämma med de halter som byggts upp vid kontaminering under slaktprocessen. Det är sammanställningar av dessa halter som visas i Tabell 6 och används vid tillämpning av processhygienkriterierna i Tabell 5. I denna rapport benämns dessa som initialhalter. Vid fördröjd nedkylning finns extra tid för bakterier att förökas mellan tidpunkten för kontamination fram till att den aktiva kylningen påbörjas. Variationen kring medelvärdet av halterna (initialhalter) före nedkylning i kylrummet är mycket stor. Detta gör det svårt att definiera ett representativt medelvärde att utgå från vid en utvärdering av fördröjd nedkylning. I de scenarier som ingår i detta underlag antogs ursprungshalten vara 1 bakterie. En beräknad halt på slaktkroppen blir följaktligen densamma som den potentiella ökningen. För att beräkna en potentiell halt på slaktkroppar efter fördröjd nedkylning behöver den beräknade potentiella ökningen adderas till den aktuella ursprungshalten.

Tabell 6. Halter av indikatorbakterier på slaktkroppar av slaktsvin, nötkreatur och får/lamm före kylning (log CFU/cm^2).

	Totalantal aeroba bakterier	Enterobacteriaceae	Escherichia coli	Referens
Slaktsvin	Medel 3,5[a] (median 3,4, max 4,8)	Medel 0,3[a] (median 2, max 2,1) för positiva prover (87 %)	Medel 0,1[a] (median 0,9, max 3,4) för positiva prover (57 %)	Lindblad, 2007
	Medel 3,5 (2,2–4,4)	Medel 1,0 (0–2,6)	Medel 0,4 (0–0,9)	EFSA, 2026
Nötkreatur	Medel 2,9[a] (median 2,8, max 4,9)	Medel 0,2[a] (median 1, max 3,3) för positiva prover (68 %)	Medel 0,0[a] (median 0,5 och max 1,6) för positiva prover (38 %)	Lindblad, 2008
	Medel 2,9 (2,2–4,1)	Medel 0,6 (-1,9– 3,4)	Medel -0,7 (-2,5–2,0)	EFSA, 2026
Får/lamm	Medel 3,9 (1,3–6,6)	Medel 0,8 (-0,6–3,4)	Medel 0,1 (-0,9–1,6)	EFSA, 2026

[a] Baseras på svabbprover (Lindblad, 2007)

Organ/inälvor

Det finns få studier som undersökt halter av indikatororganismer på organ från slaktdjur. Korskontaminering kan uppstå vid urtagning, placering på krok för inspektion, samt i vissa fall vid palpation och anskärning av organen under inspektionen (Cândido et al., 2025). Lever som provtagits precis efter postmorteminspektion hade halter av totalantal aeroba bakterier på 1,6 log CFU/cm^2, medan halterna av enterobacteriaceae och E. coli var 0,4 respektive 0,1 log CFU/cm^2 (Cândido et al., 2025). Vid provtagning av organ från nöt, får och lamm på exportanläggningar i Australien var halterna av totalantal aeroba bakterier 3,3, 3,4 respektive 3,7 log CFU/g (Vanderlinde et al., 2022). E. coli påvisades i 15, 28 respektive 18 % av proverna från dessa djurslag och för de positiva proverna beräknades antalet E. coli vara 1,4–1,8 log CFU/g. Organen som undersöktes befann sig på exportanläggningar och det framgår inte hur lång tid som gått efter slakten.

Fördröjd urtagning av organ

Enligt EU-lagstiftningen ska urtagningen av organ ske så snabbt som möjligt efter att djuret bedövats och avblodats. Det finns dock ingen specifik tidsgräns för hur snabbt detta ska ske. Det finns exempel där tiden specificerats i riktlinjer/vägledningar från andra håll i världen, till exempel Nya Zeeland där 2 timmar anges som längsta acceptabla tid mellan bedövning och

urtagning (Ministry for Primary Industries, 2017). Om denna tid överskrids ska slaktkropp och organ utvärderas avseende missfärgning och lukt, för att bedöma deras lämplighet som livsmedel. Detta under förutsättning att tiden som gått inte innebär rimlig misstanke att nedkylningskraven inte kommer kunna uppnås. Vidare rekommenderas att urtagning av slaktkropparna ska göras på linjen snarare än att lämna kropparna intakta om ett processavbrott förväntas vara längre än 2 timmar (Ministry for Primary Industries, 2017).

Det finns ett par studier som undersöker den mikrobiologiska effekten på slaktkroppen av att förlänga tiden från avblodning till urtag vid slakt av nötkreatur. I en brasiliansk studie förlängdes tiden mellan avblodning och urtagning från 30 min (normal tid) till 60, 90, 120, 150 respektive 180 minuter (Junqueira et al., 2024). Omgivningstemperaturen var hög under försöken, med en medeltemperatur av ca 27 °C. För varje djur togs ett flertal prover efter att urtagningen ägt rum, både från utsidan av slaktkroppen och på insidan, det vill säga i bröst-, buk- och bäckenhåla. När tiden från avblodning till urtagning var 180 minuter observerades en något högre halt av totalantal aeroba bakterier på både ut- och insida av slaktkropparna men fortfarande långt under gränsen som indikerar tillfredsställande slakthygien enligt processhygienkriterierna (≤ 3,5 log CFU/cm^2). E. coli påvisades endast i 4 av 90 prover från insidan av slaktkropparna med halter av 1–2 log CFU/cm^2. Av proverna där E. coli påvisats på insidan av slaktkroppen var 3 från de 15 slaktkroppar där urtagning skett 180 minuter efter avblodningen. Författarna bedömde att detta sannolikt berodde på den ökade svårigheten vid urtagningsmomentet på grund av att våmmen blivit mycket gasfylld och svårhanterlig vid denna tidpunkt. Sammanfattningsvis var svårigheten att ta ur bukorganen det som bedömdes begränsa tiden för hur länge det är möjligt att vänta med urtagningen vid denna (höga) omgivningstemperatur och författarna ansåg att man inte ska överskrida 180 minuter (Junqueira et al., 2024). Gasfyllda organ i mag- och tarmkanalen har tagits upp som ett problem även för hjortar, där fördröjd urtagning rapporterats öka sannolikheten för att dessa organ skadas vid urtagning (Gill, 2007, Avagnina et al., 2012).

I en annan studie som undersökte förlängd tid mellan avblodning och urtagning hos nötkreatur, svabbades en yta i bukhålan som var i direkt kontakt med tarmarna vid upprepade tillfällen upp till cirka 4 timmar efter avblodningen. Omgivningstemperaturen uppgavs aldrig överstiga 15 °C (Maldague et al., 2024). Svabbprover togs via ett snitt genom bukväggen (liknande ett operationssår), på samma yta varje gång. Hos några djur svabbades även en annan yta än den som provtagits innan vid sista provtagningen för att undvika potentiell kontamination från tidigare provtagningar. Enterobacteriaceae och E. coli hittades endast i 3 av totalt 30 prover. Halterna av totalt antal aeroba bakterier var mycket låga (under 2 log CFU/cm^2) och författarna bedömde det som troligt att förekomsten av bakterierna orsakats av kontamination från omgivande miljö och upprepad provtagning av en och samma yta. När en ny yta svabbades vid sista provtagningen för två slaktkroppar, detekterades inte

Enterobacteriaceae och E. coli. Författarna sammanfattade att deras observationer stödjer uppfattningen att det inte finns några tecken på tarmväggsruptur (och därmed spridning av tarmbakterier i bukhålan) inom 4 timmar efter döden (Maldague et al., 2024).

Det är vanligt att organ tas ur senare på vilt som jagas jämfört med när urtag sker på kommersiella slakterier. Snabb urtagning (i fält) vid varmt väder kan öka nedkylningshastigheten av slaktkroppen och begränsar därmed bakteriehalterna (Barbani et al., 2021). När tiden mellan döden och urtagningen utvärderades i en litteraturöversikt observerades dock i de flesta inkluderade studierna ingen signifikant ökning av bakteriehalter (totalantal aeroba bakterier, Enterobacteriaceae och E. coli) vid fördröjd urtagning (Korkmaz et al., 2022).

En fråga som har undersökts i några studier är om fördröjd urtagning av organ resulterar i att bakterier från tarmen kan sprida sig och till exempel invadera muskler och lymfknutor (post-mortem bakteriell translokation). I studier från 1970-talet undersöktes slaktkroppar av får som vistades i en temperatur av 20 °C under 24 timmar innan urtagning (Gill et al., 1976, Gill et al., 1978). Prover från muskler och inguinala lymfknutor från dessa slaktkroppar var fortfarande fria från E. coli, Pseudomonas fluorescens och Clostridium perfringens efter denna fördröjning. Clostridium perfringens som injicerats i tarmen på marsvin efter döden invaderade inte muskelvävnad förrän tarmväggen hunnits brytas ned (rupturerat) mellan 2 och 3 dagar efter döden (Gill et al., 1978).

Fördröjd nedkylning

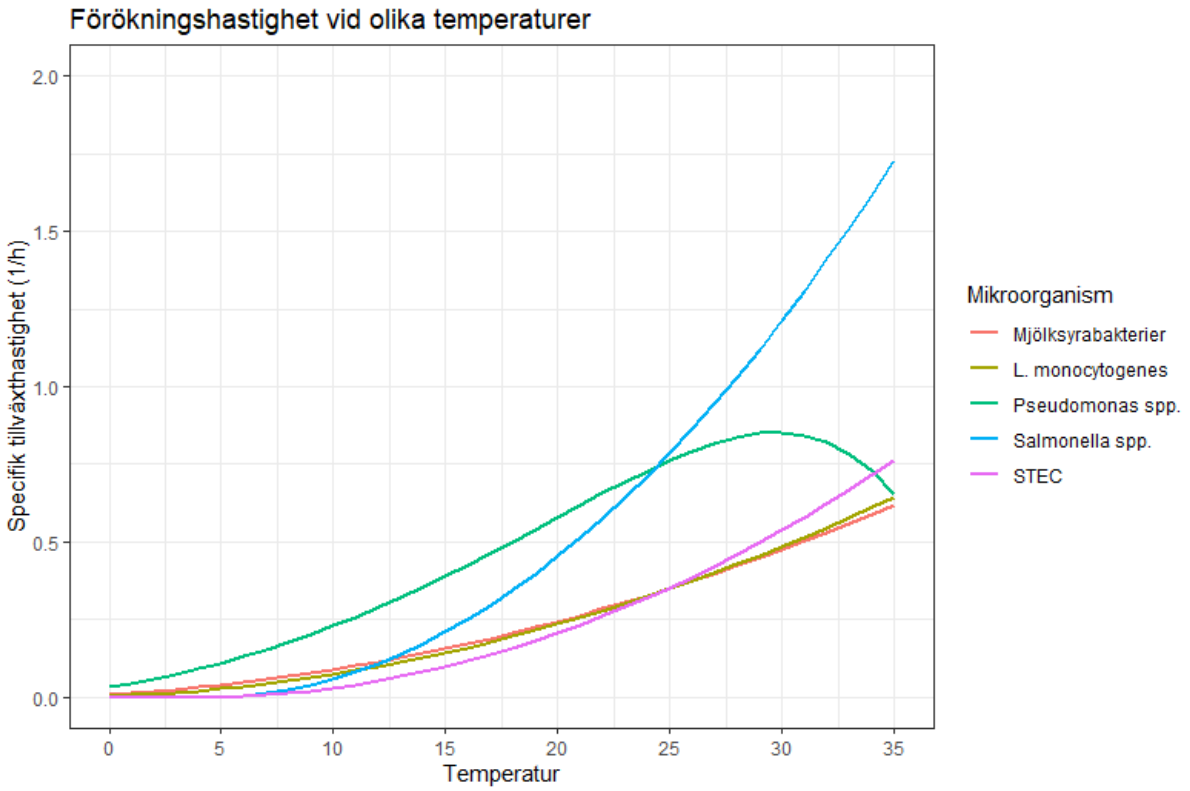
När det gäller fördröjd nedkylning av slaktkroppar har de hygieniska konsekvenserna främst studerats hos vilt i samband med jakt. I flera studier har omgivningstemperaturen visat sig vara av betydelse för halten av olika mikroorganismer (till exempel totalantal aeroba bakterier, Enterobacteriaceae eller E. coli) på slaktkroppar av vilt, där halterna varit högre vid varmt väder (Sauvala et al., 2019, Paulsen and Winkelmayer, 2004, Peruzy et al., 2022).

I en studie av skjutna vildsvin togs prover efter urtagning respektive innan nedkylning (Barbani et al., 2021). I genomsnitt togs organen ur ca 1 timme 20 min efter att vildsvinen skjutits. Medeltemperaturen i omgivningen var ca 20 °C. För ungefär hälften av vildsvinen tog det mindre än 6 timmar mellan urtagning och nedkylning, och för andra hälften tog det mer än 6 timmar. Halterna av totalantal aeroba bakterier och Enterobacteriaceae på insidan av buk- respektive brösthålan var 0,7 respektive 1 log CFU/cm^2 högre i prover från kroppar som väntat längre än 6 timmar mellan urtagning och nedkylning (Barbani et al., 2021).

Utvärdering av potentiell förökning av bakterier vid fördröjd kylning

Under de förhållanden som råder under nedkylning av slaktkropparna kan halterna av bakterier påverkas både uppåt och neråt (EFSA, 2026). Problemet är att effekterna varierar på ett oförutsägbart sätt. I en studie undersöktes bakteriehalter på slaktkroppar av får på olika slakterier (Lenahan et al., 2010). Efter kylning ökade totalantalet aeroba bakterier på 58 % av slaktkropparna medan de minskade på 40 % av slaktkropparna. För de slaktkroppar där Enterobacteriaceae detekterades, 61 %, minskade halten på 51 % av slaktkropparna efter kylning och ökade på 26 % (Lenahan et al., 2010). Minskningen i halter kan vara reell men kan också bero på skillnader i hur hårt bakterierna sitter fast på slaktkroppen före och efter nedkylning vilket påverkar utbytet vid analysen, eller sämre odlingsbarhet av stressade bakterier på odlingsmediet. Det senare skulle då överskatta reduktionen vid nedkylning. Baserat på denna variation och oförutsägbarheten av eventuell reduktion vid nedkylning utvärderades i detta underlag endast den potentiella förökningen under nedkylningen av slaktkroppar utifrån några scenarier. I fråga 2 efterfrågas också hur halter av relevanta bakterier förändras vid fördröjd nedkylning av inälvor (organ). Det är få studier som undersökt den mikrobiologiska kvaliteten på organ i samband med slakt och nedkylning (se tidigare avsnitt). Variationer som kan finnas på olika slakterier omfattar bland annat tiden organen finns kvar i slakthallen, om spolningssteg förekommer och hur organen förvaras vid nedkylning (till exempel i ett lager eller staplade på varandra). Detta skapar stor osäkerhet vid bedömning av tid- och temperaturförhållanden för organ. Av den anledningen har potentiell förökning av bakterier endast undersökts för slaktkroppar.

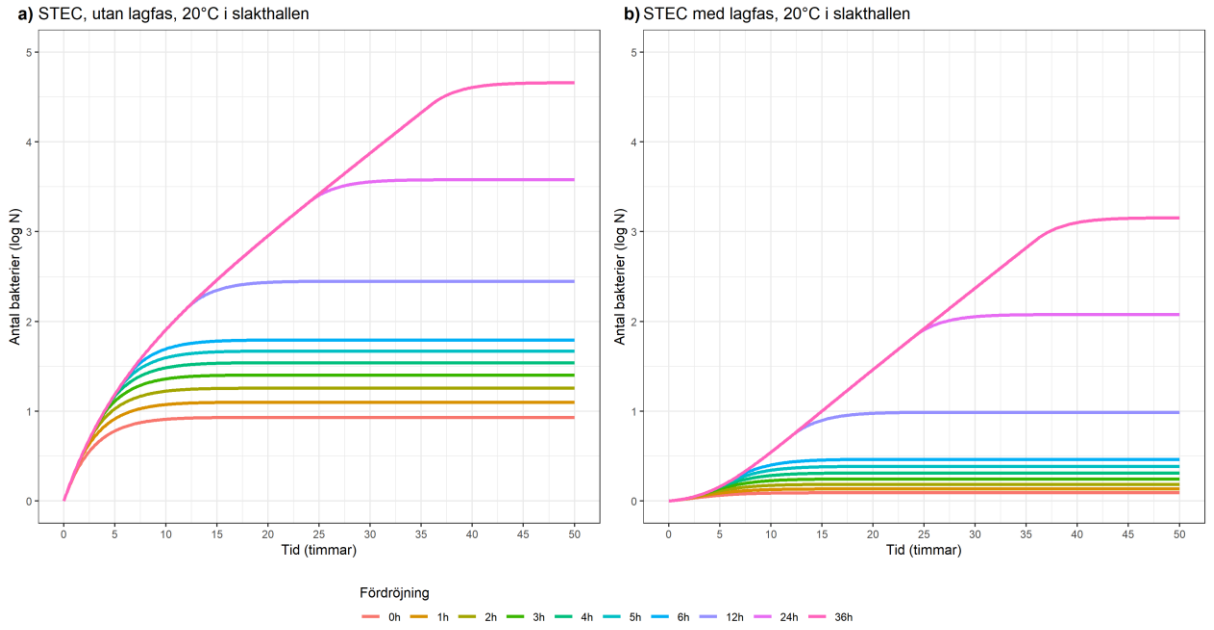
Den potentiella förökningen för de olika bakterierna beräknades med kalibrerade modeller utifrån de miljöfaktorer som ingick i modellerna och baserat på data för hur temperatur, vattenaktivitet och pH varierar över tid vid nedkylning av slaktkroppar från nöt, gris och får (Tabell 2). En beräkning i Combase av hur tillväxthastigheterna varierar med temperaturen då pH (6,8) och vattenaktivitet (a_w=0,989) väljs nära de initiala för nöt, visar inom vilka temperaturintervall som de olika mikroorganismerna dominerar (Figur 4). Vid de högre temperaturerna som är aktuella i början vid fördröjning av nedkylningen förökar sig Salmonella och Pseudomonas snabbast. Vid lägre temperaturer är det mindre skillnader och olika bakterier kan dominera beroende på hur pH och a_w varierar.



Figur 4. Tillväxthastighet för olika mikroorganismer vid olika temperaturer när pH (6,8) och a_w (0,989) är typiska för slaktkroppar av nöt vid nedkylning.

Förökning vid fördröjning jämfört med omedelbar kylning

Effekten av förekomsten av lagtid utvärderades genom att ta fram prognoser både med och utan lagtid. Detta visas grafiskt med STEC som exempel med och utan lagtid vid olika fördröjningar och en temperatur av 20 °C i slakthallen (Figur 5). Den antagna lagtiden för STEC var 5 generationer vilket i tid motsvarar en längre tid ju lägre temperaturen är eftersom generationstiden är kortare vid högre temperaturer. I detta exempel var effekten en skillnad på upp till omkring 2 log-enheter i slutligt antal bakterier.



Figur 5. Potentiell förökning av STEC på slaktkropp av nöt efter olika tider av fördröjning (timmar) i slakthallen som håller en temperatur av 20 °C, innan slaktkroppen förflyttas till kylrum (3 °C). I a) visas prognosen utan lagtid (lagfas) och i b) med lagtid.

Effekter av fördröjd nedkylning på ökningen av antalet patogener

För patogener behöver ökningen av antalet bakterier sättas i relation till möjliga doser som detta leder till och därmed förknippade risker för konsumenter. Detta försvåras av att det gäller färskt kött som oftast bereds eller processas innan konsumtion vilket kan påverka halterna.

Slaktkroppar av nöt

Vid fördröjd nedkylning av slaktkroppar av nöt var det i samtliga scenarier Salmonella som ökade mest jämfört med baslinjen (Tabell 7). Baslinjen är oberoende av temperaturen i slakthallen eftersom slaktkroppen flyttas direkt till kylrummet. Salmonella var även den patogen som ökade mest också i absoluta antal i alla scenarier (Tabell A-1). Vid baslinjen ökade Salmonella 100 ggr (2 log-enheter) utan lagtid och 4 ggr (0,6 log-enheter) med lagtid. Vid en temperatur i slakthallen på 15 °C och utan lagtid var skillnaden mot baslinjen för scenariot med 5 timmars fördröjning 1 log-enhet och den absoluta ökningen var då 3 log-enheter. Med lagtid nåddes en skillnad av 1 log-enhet jämfört med baslinjen i scenariot med en fördröjning av 6 timmar innan nedkylningen. Den absoluta ökningen var då 1,7 log-enheter (Tabell 7). Vid en temperatur i slakthallen på 25 °C uppskattades skillnaden mot baslinjen vara 1 log-enhet i ett scenario motsvarande en fördröjd nedkylning på drygt 2 timmar då den absoluta ökningen var omkring 2,9 log-enheter. Med lagtid uppskattades skillnaden mot

baslinjen på samma sätt vara 1 log-enhet vid en fördröjd nedkylning av omkring 2,5 timmar. Den absoluta ökningen var vid denna fördröjning omkring 1,7 log-enheter.

Tabell 7. Förökning (log CFU) för Salmonella (den patogena bakterie som uppvisade störst potentiell förökning) på slaktkroppar av nöt. De angivna värdena representerar dels den absoluta förökningen, dels ökningen relativt baslinjen (omedelbar nedkylning) vid tidpunkten då nedkylningen är avslutad.

Temperatur i slakthallen	Fördröjning (Timmar)	Utan lagtid		Med lagtid	
		Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)	Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)
15	0h	2,0	—	0,6	—
	1h	2,3	0,3	0,8	0,2
	2h	2,5	0,5	1,0	0,4
	3h	2,7	0,7	1,2	0,6
	4h	2,9	0,9	1,4	0,8
	5h	3,0	1,0	1,5	0,9
	6h	3,2	1,2	1,7	1,1
	12h	3,8	1,8	2,3	1,7
	24h	4,6	2,6	3,1	2,5
	36h	5,1	3,1	3,6	3,0
20	1h	2,4	0,4	0,9	0,3
	2h	2,7	0,7	1,2	0,6
	3h	3,0	1,0	1,5	0,9
	4h	3,3	1,3	1,8	1,2
	5h	3,6	1,5	2,0	1,4
	6h	3,8	1,8	2,3	1,7
	12h	5,0	3,0	3,5	2,9
	24h	6,6	4,6	5,1	4,5
	36h	7,6	5,6	6,1	5,5
25	1h	2,5	0,5	1,0	0,4
	2h	2,9	0,9	1,4	0,8
	3h	3,4	1,4	1,9	1,2
	4h	3,8	1,8	2,3	1,6
	5h	4,1	2,1	2,6	2,0
	6h	4,5	2,5	3,0	2,4
	12h	6,3	4,3	4,8	4,2
	24h	8,7	6,7	7,6	7,0
	36h	9,0	7,0	8,8	8,2

Slaktkroppar av får

Vid fördröjd nedkylning av slaktkroppar av får var resultaten liknande de för nöt genom att Salmonella var den patogen som ökade mest jämfört med baslinjen i samtliga scenarier (Tabell 8). Salmonella var även den patogen som ökade mest i absoluta antal i alla scenarier (Tabell A-2). Ökningen av Salmonella vid baslinjen blev lägre än för nöt eftersom nedkylningen går snabbare för ett mindre djur. Vid baslinjen ökade Salmonella 40 ggr (1,6 log-enheter) utan lagtid och 2 ggr (0,3 log-enheter) med lagtid. Vid en temperatur i slakthallen på 15 °C och utan lagtid var skillnaden mot baslinjen för scenariot med 5 timmars fördröjning 1 log-enhet och den absoluta ökningen var då 2,5 log-enheter. Med lagtid uppskattades skillnaden mot baslinjen vara 1 log-enhet i ett scenario motsvarande en fördröjning av drygt 6 timmar. Den absoluta ökningen var då 1,2 log-enheter (Tabell 8). På samma sätt, vid en temperatur i slakthallen på 25 °C var skillnaden mot baslinjen 1 log-enhet efter ett scenario motsvarande drygt 2 timmars fördröjning då den absoluta ökningen uppgick till 2,5 log-enheter. Med lagtid var skillnaden mot baslinjen 1 log-enhet vid en fördröjd nedkylning av knappt 3 timmar. Den absoluta ökningen var då 1,4 log-enheter.

Tabell 8. Förökning (log CFU) för Salmonella (den patogena mikroorganism som uppvisade störst potentiell förökning) på slaktkroppar av får. De angivna värdena representerar dels den absoluta förökningen, dels ökningen relativt baslinjen (omedelbar nedkylning) vid tidpunkten då nedkylningen är avslutad.

Temperatur i slakthallen		Utan lagtid		Med lagtid	
	Fördröjning (Timmar)	Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)	Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)
15	0h	1,6	—	0,3	—
	1h	1,8	0,3	0,5	0,2
	2h	2,0	0,5	0,6	0,3
	3h	2,2	0,7	0,8	0,5
	4h	2,4	0,8	0,9	0,6
	5h	2,5	1,0	1,1	0,7
	6h	2,7	1,1	1,2	0,9
	12h	3,3	1,7	1,8	1,4
	24h	4,0	2,5	2,5	2,2
	36h	4,5	3,0	3,0	2,7
20	1h	1,9	0,4	0,6	0,2
	2h	2,3	0,7	0,8	0,5
	3h	2,6	1,0	1,1	0,8
	4h	2,8	1,3	1,3	1,0

Temperatur i slakthallen	Fördröjning (Timmar)	Utan lagtid		Med lagtid	
		Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)	Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)
	5h	3,1	1,5	1,6	1,3
	6h	3,3	1,7	1,8	1,5
	12h	4,4	2,9	2,9	2,6
	24h	6,0	4,5	4,5	4,2
	36h	7,1	5,5	5,6	5,3
25	1h	2,1	0,5	0,7	0,3
	2h	2,5	0,9	1,0	0,7
	3h	2,9	1,4	1,4	1,1
	4h	3,3	1,7	1,8	1,5
	5h	3,7	2,1	2,2	1,8
	6h	4,0	2,5	2,5	2,2
	12h	5,8	4,3	4,3	4,0
	24h	8,4	6,9	7,1	6,7
	36h	9,0	7,4	8,7	8,3

Slaktkroppar av gris

Även vid fördröjd nedkylning av slaktkroppar av gris var Salmonella den patogena bakterie som förökades mest jämfört med baslinjen i alla scenarier (Tabell 9). Det var också den patogen som ökade mest i absoluta antal i alla scenarier (Tabell A-3). Vid baslinjen ökade Salmonella 1000 ggr (3,0 log-enheter) utan lagtid och 32 ggr (1,5 log-enheter) med lagtid. Vid en temperatur i slakthallen på 15 °C uppskattades skillnaden mot baslinjen vara 1 log-enhet i ett scenario där nedkylningen blivit fördröjd i omkring 4,5 timmar. Detta gällde beräkningar både med och utan lagtid. Den absoluta ökningen uppgick efter den tidens fördröjning till omkring 2,5 respektive 4 log-enheter (Tabell 9). Vid en temperatur i slakthallen på 25 °C nåddes 1 log-enhets ökning jämfört mot baslinjen när nedkylningen blivit fördröjd i drygt 2 timmar, både med och utan lagtid. Den absoluta ökningen var i det fallet 2,4 respektive 3,9 log-enheter.

Tabell 9. Förökning (log CFU) för Salmonella (den patogena mikroorganism som uppvisade störst potentiell förökning) på slaktkroppar av gris. De angivna värdena representerar dels den absoluta förökningen, dels ökningen relativt baslinjen (omedelbar nedkylning) vid tidpunkten då nedkylningen är avslutad.

Temperatur i slakthallen		Utan lagtid		Med lagtid	
	Fördröjning (Timmar)	Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)	Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)
15	0h	3,0	—	1,5	—
	1h	3,3	0,3	1,8	0,2
	2h	3,5	0,5	2,0	0,5
	3h	3,7	0,7	2,2	0,7
	4h	3,9	0,9	2,4	0,9
	5h	4,1	1,1	2,6	1,1
	6h	4,2	1,2	2,7	1,2
	12h	5,0	2,0	3,5	2,0
	24h	5,9	2,9	4,4	2,9
	36h	6,4	3,4	4,9	3,4
20	1h	3,4	0,4	1,9	0,4
	2h	3,7	0,7	2,2	0,7
	3h	4,0	1,0	2,5	1,0
	4h	4,3	1,3	2,8	1,3
	5h	4,6	1,6	3,1	1,6
	6h	4,9	1,8	3,4	1,8
	12h	6,1	3,1	4,6	3,1
	24h	7,8	4,8	6,3	4,8
	36h	8,6	5,6	7,3	5,8
25	1h	3,5	0,5	2,0	0,5
	2h	3,9	0,9	2,4	0,9
	3h	4,4	1,4	2,9	1,3
	4h	4,8	1,8	3,3	1,7
	5h	5,2	2,1	3,6	2,1
	6h	5,5	2,5	4,0	2,5
	12h	7,4	4,4	5,9	4,4
	24h	9,0	6,0	8,5	7,0
	36h	9,0	6,0	9,0	7,5

Effekter av fördröjd nedkylning på ökningen av antalet indikatorer och förskämningsbakterier

För indikatororganismer och förskämningsbakterier behöver ökningen av antalet bakterier sättas i relation till initialhalter (Tabell 6), processhygienkriterierna för slaktkroppar (Tabell 5), och till förskämning. Förskämning av kött börjar vanligtvis vid halter omkring 10^7–10^8 bakterier per g eller cm^2 (Jones et al., 2004, Nychas et al., 2008).

Slaktkroppar av nöt

Mönstret för vilka indikatorer och förskämningsbakterier som förökar sig snabbast är mer komplext och variabelt än för de patogena mikroorganismerna (Tabell 10). Alla tre grupper av bakterier (Pseudomonas, E. coli och mjölksyrabakterier) fanns i något scenario med bland de som ökat mest och i flera scenarier ökade de lika mycket, särskilt vid de kortare tiderna av fördröjning. Mjölksyrabakterier var företrädesvis med bland de mikroorganismer som ökade mest vid scenarier där fördröjningen var kortare än 3 timmar och särskilt om lagtid inkluderades. Pseudomonas och E. coli (samma modell som STEC) var oftare de som ökade mest jämfört mot baslinjen men där var mönstret lite otydligare. Om en lagtid inkluderades var E. coli inte bland de bakterier som ökade snabbast, förutom vid den högsta temperaturen i slakthallen. Den beräknade absoluta ökningen i antal var störst för Pseudomonas i de allra flesta scenarier (Tabell A-1). I baslinjen ökade E. coli och Pseudomonas med 0,9 respektive 2,1 log-enheter utan lagtid, och 0,1 respektive 1,2 log-enheter med lagtid. Vid 15 °C i slakthallen, både med och utan lagtid, var skillnaden för Pseudomonas efter nedkylningen 1 log-enhet jämfört mot baslinjen för scenariot med omkring 12 timmars fördröjning och den absoluta ökningen var då 2,3 respektive 3,2 log-enheter (Tabell 10). Vid 25 °C i slakthallen och utan lagtid var ökningen av E. coli 1 log-enhet jämfört mot baslinjen i scenariot med en fördröjning av ungefär 5 timmar. Den absoluta ökningen var 1,9 log-enheter för detta scenario (Tabell 10). För Pseudomonas var ökningen 1 log-enhet jämfört med baslinjen i scenariot med en fördröjning av drygt 6 timmar innan nedkylning. Detta gällde både med och utan lagtid och den absoluta ökningen var då 2,1 respektive 3,0 log-enheter (Tabell A-1).

Tabell 10. Förökning (log CFU) för den indikatorbakterie/förskämningsbakterie som uppvisade störst potentiell förökning på slaktkroppar av nöt jämfört med baslinjen (omedelbar nedkylning). De angivna värdena representerar dels den absoluta förökningen, dels ökningen relativt baslinjen vid tidpunkten då nedkylningen är avslutad.

Temperatur i slakthallen	Fördröjning (Timmar)	MO[1]	Utan lagtid		Med lagtid	
			Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)	Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)
15	0h	ps	2,1	—	1,2	—
		LAB	1,4	—	0,6	—
		E. coli	0,9	—	0,1	—
	1h	ps	2,2	0,1	1,3	0,1
		E. coli	1,0	0,1	0,1	
		LAB	1,5	0,1	0,7	0,1
	2h	ps	2,3	0,2	1,4	0,2
		E. coli	1,2	0,2		
		LAB	1,6	0,2		
	3h	ps	2,4	0,3	1,5	0,3
		E. coli	1,3	0,3		
	4h	ps	2,5	0,4	1,6	0,4
		E. coli	1,3	0,4		
	5h	ps	2,6	0,5	1,7	0,5
		E. coli	1,4	0,5		
	6h	ps	2,7	0,6	1,8	0,6
		E. coli	1,5	0,6		
	12h	ps	3,2	1,1	2,3	1,1
	24h	ps	3,9	1,8	3,0	1,8
	36h	ps	4,4	2,3	3,5	2,3
20	1h	E. coli	1,1	0,2		
		Ps			1,3	0,1
		LAB			0,7	0,1
	2h	E. coli	1,3	0,3		
		Ps			1,4	0,2
		LAB			0,8	0,2
	3h	E. coli	1,4	0,5		
		Ps			1,6	0,3
		LAB			0,9	0,3
	4h	E. coli	1,5	0,6		

Temperatur i slakthallen	Fördröjning (Timmar)	MO[1]	Utan lagtid		Med lagtid	
			Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)	Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)
		ps			1,7	0,5
	5h	E. coli	1,7	0,7		
		ps			1,8	0,6
	6h	E. coli	1,8	0,9		
		ps			2,0	0,8
	12h	ps	3,6	1,6	2,7	1,5
	24h	ps	4,8	2,7	3,9	2,7
	36h	E. coli	4,7	3,7		
		Ps			4,7	3,5
25	1h	E. coli	1,2	0,2	0,1	0,1
		LAB	1,6	0,2	0,7	0,1
		ps			1,3	0,1
	2h	E. coli	1,4	0,4		
		Ps			1,5	0,3
		LAB			0,9	0,3
	3h	E. coli	1,6	0,6		
		Ps			1,6	0,4
		LAB			1,0	0,4
	4h	E. coli	1,8	0,8		
		ps			1,8	0,6
	5h	E. coli	1,9	1,0		
		Ps			2,0	0,7
		LAB			1,2	0,7
	6h	E. coli	2,1	1,2		
		Ps			2,1	0,9
	12h	E. coli	3,2	2,2		
		Ps			3,1	1,9
	24h	E. coli	5,0	4,1		
		ps			4,7	3,5
	36h	E. coli	6,9	5,9	5,4	5,3

[1] MO=Mikroorganism, Ps=Pseudomonas, E. coli=Escherichia coli, LAB=Mjölksyrabakterier.

Slaktkroppar av får

Resultaten för vilka bakterier som ökat mest vid fördröjd nedkylning av får/lamm liknar den för nöt (Tabell 11). Alla tre bakterier fanns i något scenario med bland de som ökat mest och i flera scenarier ökade de lika mycket, särskilt vid de kortare tiderna. Mjölksyrabakterier var med bland de bakterier som ökade mest endast vid kortare fördröjning än 3 timmar och särskilt om lagtid inkluderades. Pseudomonas och E. coli (samma modell som STEC) var oftast de som dominerade och hade ibland samma beräknade ökning av antalet. Pseudomonas ökade dock snabbast om en lagtid inkluderades förutom vid den högsta temperaturen i slakthallen och den längsta fördröjningen (Tabell 11). Den beräknade absoluta ökningen i antal var störst för Pseudomonas spp i alla scenarier utom vid 25 °C i slakthallen och en fördröjning på 36 timmar då både E. coli och Pseudomonas hade samma absoluta ökning på 6,6 log-enheter (Tabell A2). I baslinjen ökade E. coli och Pseudomonas med 0,7 respektive 1,8 log-enheter utan lagtid, och 0,1 respektive 0,9 log-enheter med lagtid. Vid 15 °C i slakthallen ökade Pseudomonas med 1 log-enhet jämfört med baslinjen i scenariot med en fördröjning av knappt 12 timmar innan nedkylning och den absoluta ökningen var då 2,0 log-enheter med lagtid och 2,9 log-enheter utan lagtid (Tabell 11). Vid 25 °C i slakthallen, uppskattades ökningen av E. coli jämfört med baslinjen vara 1 log-enhet i ett scenario motsvarande omkring 5 timmars fördröjning. Den absoluta ökningen var då 1,7 log-enheter (Tabell 11). För Pseudomonas uppskattades motsvarande ökning på 1 log-enhet jämfört mot baslinjen inträffa i ett scenario med omkring 6 timmars fördröjning av nedkyningen. Den absoluta ökningen var då 1,9 log-enheter med lagtid och 2,8 log-enheter utan lagtid (Tabell A2).

Tabell 11. Förökning (log CFU) för den indikatorbakterie/förskämningsbakterie som uppvisade störst potentiell förökning på slaktkroppar av får jämfört med baslinjen (omedelbar nedkylning). De angivna värdena representerar dels den absoluta förökningen, dels ökningen relativt baslinjen vid tidpunkten då nedkylningen är avslutad.

Temperatur i slakthallen	Fördröjning (Timmar)	MO[1]	Utan lagtid		Med lagtid	
			Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)	Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)
15	0h	Ps	1,8	—	0,9	—
		LAB	1,2	—	0,5	—
		E. coli	0,7	—	0,1	—
	1h	Ps	1,9	0,1	1,0	0,1
		E. coli	0,8	0,1		
		LAB	1,3	0,1	0,5	0,1
	2h	Ps	2,0	0,2	1,1	0,2
		E. coli	0,9	0,2		
		LAB	1,4	0,2		
	3h	Ps	2,1	0,3	1,2	0,3
		E. coli	1,0	0,3		
	4h	Ps	2,2	0,4	1,3	0,4
		E. coli	1,1	0,4		
	5h	Ps	2,3	0,5	1,4	0,5
		E. coli	1,2	0,5		
	6h	Ps	2,4	0,6	1,5	0,6
	12h	Ps	2,9	1,1	2,0	1,1
	24h	Ps	3,7	1,9	2,8	1,8
	36h	Ps	4,2	2,4	3,3	2,3
20	1h	E. coli	0,9	0,2		
		Ps			1,0	0,1
		LAB			0,5	0,1
	2h	E. coli	1,0	0,3		
		Ps			1,2	0,2
		LAB			0,6	0,2
	3h	E. coli	1,2	0,5		
		Ps			1,3	0,4
		LAB				
	4h	E. coli	1,3	0,6		
		Ps			1,4	0,5

Temperatur i slakthallen	Fördröjning (Timmar)	MO[1]	Utan lagtid		Med lagtid	
			Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)	Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)
	5h	E. coli	1,4	0,7		
		Ps	2,5	0,7	1,6	0,6
	6h	E. coli	1,5	0,8		
		Ps	2,6	0,8	1,7	0,8
	12h	Ps	3,4	1,6	2,5	1,6
	24h	Ps	4,6	2,8	3,7	2,8
	36h	E. coli	4,3	3,6		
		Ps	5,4	3,6	4,5	3,6
25	1h	E. coli	0,9	0,2		
		LAB	1,4	0,2	0,6	0,1
		Ps			1,1	0,1
	2h	E. coli	1,1	0,4		
		Ps			1,2	0,3
		LAB				
	3h	E. coli	1,3	0,6		
		Ps			1,4	0,4
		LAB			0,8	0,4
	4h	E. coli	1,5	0,8		
		Ps			1,5	0,6
	5h	E. coli	1,7	1,0		
		Ps			1,7	0,8
	6h	E. coli	1,9	1,2		
		Ps			1,9	1,0
	12h	E. coli	2,9	2,2		
		Ps			2,9	2,0
	24h	E. coli	4,7	4,0		
		Ps			4,6	3,6
	36h	E. coli	6,6	5,9	5,1	5,0

[1] MO=Mikroorganism, Ps=Pseudomonas, E. coli=Escherichia coli, LAB=Mjölksyrabakterier.

Slaktkroppar av gris

Resultaten för bakterierna som förökar sig snabbast vid fördröjd nedkylning av gris liknar den för får. Det är dock ett tydligare mönster att E. coli ökar i antal snabbast vid beräkningar utan lagtid medan Pseudomonas ökar snabbast vid beräkningar med lagtid, förutom vid kortare

fördröjningstider och vid lägre temperatur i slakthallen där det är mer blandat (Tabell 12). Den beräknade absoluta ökningen var störst för Pseudomonas i alla scenarier utom vid 25 °C i slakthallen och en fördröjning på 36 timmar då E. coli hade den största ökningen med 7,6 log-enheter (Tabell A3). I baslinjen ökade Pseudomonas som mest med 2,7 log-enheter utan lagtid och 1,8 log-enheter med lagtid. Vid 15 °C i slakthallen uppskattades ökningen av E. coli med 1 log-enhet jämfört med baslinjen motsvaras av ett scenario med knappt 12 timmars fördröjning av nedkylningen och den absoluta ökningen var då 2,5 log-enheter (Tabell 12). Med lagtid ökade Pseudomonas snabbast och nådde 1 log-enhets ökning i samma scenario för fördröjningen (12 timmar) med en något högre absolut ökning, 2,9 log-enheter. Vid 25 °C i slakthallen förökades E. coli snabbast och en skillnad av 1 log-enhet jämfört med baslinjen motsvarades av ett scenario med en fördröjd nedkylning av omkring 4,5 timmar. Den absoluta ökningen var då 2,4 log-enheter (Tabell 12). För Pseudomonas uppskattades en skillnad på 1 log-enhet jämfört med baslinjen motsvaras av ett scenario med drygt 6 timmars fördröjning och den absoluta ökningen var då 3,6 log-enheter (Tabell A3). Även med lagtid var E. coli den bakterie som ökade snabbast och en skillnad mot baslinjen på 1 log-enhet uppskattades att motsvara ett scenario med drygt 6 timmars fördröjning. Den absoluta ökningen var då 1,2 log-enheter (Tabell 12).

Tabell 12. Förökning (log CFU) för den indikatorbakterie/förskämningsbakterie som uppvisade störst potentiell förökning på slaktkroppar av gris jämfört med baslinjen (omedelbar nedkylning). De angivna värdena representerar dels den absoluta förökningen, dels ökningen relativt baslinjen vid tidpunkten då nedkylningen är avslutad.

Temperatur i slakthallen			Utan lagtid		Med lagtid	
	Fördröjning (Timmar)	MO[1]	Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)	Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)
15	0h	Ps	2,7	—	1,8	—
		LAB	1,8	—	1,0	—
		E. coli	1,4	—	0,3	—
	1h	Ps	2,8	0,1	1,9	0,1
		E. coli	1,6	0,1	0,3	0,1
		LAB	1,9	0,1	1,0	0,1
	2h	Ps			2,0	0,1
		E. coli	1,7	0,2	0,4	0,1
		LAB	2,0	0,2	1,1	0,1
	3h	Ps			2,1	0,2
		E. coli	1,8	0,3	0,5	0,2
		LAB			1,2	0,2
	4h	Ps			2,2	0,3
		E. coli	1,9	0,4	0,5	0,3
		LAB			1,3	0,3
	5h	Ps			2,3	0,4
		E. coli	2,0	0,5		
	6h	Ps			2,4	0,5
		E. coli	2,1	0,6		
	12h	Ps			2,9	1,0
		E. coli	2,5	1,1		
	24h	Ps	4,5	1,8	3,6	1,8
	36h	Ps			4,0	2,2
		E. coli	3,7	2,3		
20	1h	E. coli	1,6	0,2	0,4	0,1
		Ps			1,9	0,1
		LAB			1,1	0,1
	2h	E. coli	1,8	0,3	0,4	0,2
		Ps			2,0	0,2
		LAB			1,2	0,2

Temperatur i slakthallen	Fördröjning (Timmar)	MO[1]	Utan lagtid		Med lagtid	
			Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)	Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)
	3h	E. coli	1,9	0,5	0,6	0,3
		Ps			2,2	0,3
		LAB			1,3	0,3
	4h	E. coli	2,1	0,6	0,7	0,4
		Ps			2,3	0,4
		LAB			1,4	0,4
	5h	E. coli	2,2	0,8		
		Ps			2,4	0,6
	6h	E. coli	2,4	0,9		
		Ps			2,5	0,7
	12h	Ps			3,3	1,4
		E. coli	3,1	1,7		
	24h	Ps			4,4	2,5
		E. coli	4,3	2,9	2,8	2,5
	36h	E. coli	5,4	4,0	3,9	3,7
25	1h	E. coli	1,7	0,2	0,4	0,1
		LAB	2,0	0,2	1,1	0,1
		Ps			2,0	0,1
	2h	E. coli	1,9	0,4	0,5	0,3
		LAB			1,3	0,3
	3h	E. coli	2,1	0,7	0,7	0,4
		Ps			2,2	0,4
		LAB			1,4	0,4
	4h	E. coli	2,3	0,9	0,9	0,6
		LAB			1,5	0,6
	5h	E. coli	2,5	1,1	1,0	0,8
	6h	E. coli	2,7	1,2	1,2	0,9
	12h	E. coli	3,8	2,3	2,3	2,0
	24h	E. coli	5,7	4,3	4,2	4,0
	36h	E. coli	7,6	6,2	6,1	5,8

[1] MO=Mikroorganism, Ps=Pseudomonas, E. coli=Escherichia coli, LAB=Mjölksyrabakterier.

Överväganden för att bedöma mikrobiologisk status på slaktkroppar

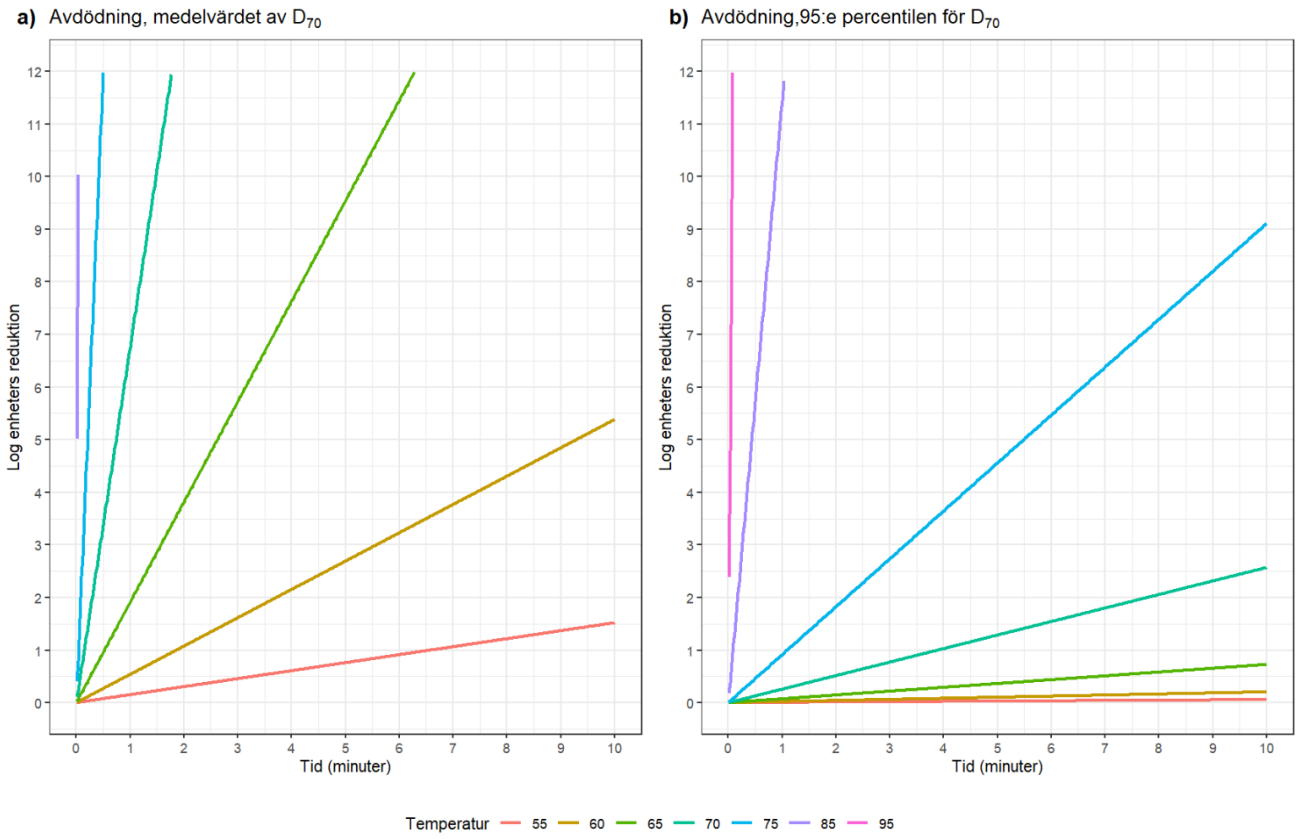
Uppskattningarna av den potentiella förökningen av bakterier vid fördröjd nedkylning rymmer flera antaganden som sannolikt leder till en överskattning av tillväxten (EC, 1999). Det gäller särskilt vid beräkningarna utan lagtid men också utelämnandet av hämmande effekt från konkurrerande mikroorganismer på patogeners haltökning. Data visar att den maximala ökningen av halterna före och efter nedkylning av fårkroppar i en irländsk studie var 1,0 respektive 0,3 log CFU/cm^2 för totalantal aeroba bakterier och Enterobacteriaceae (Lenahan et al., 2010). En jämförelse av dessa värden med den beräknade potentiella förökningen utan lagtid av Pseudomonas (proxy för totalantal aeroba bakterier, 1,8 log CFU) och E. coli (proxy för Enterobacteriaceae, 0,7 log CFU) vid baslinjen (det vill säga nedkylning utan fördröjning) stödjer antagandet att beräkningarna i vår rapport överskattar förökningen efter nedkylning (Tabell 11). Eventuell överskattning beror bland annat på att enbart förökning av bakterier har utvärderats och inaktivering eller konkurrens från andra mikroorganismer inte ingår i modellerna. Om lagtid inkluderas är beräkningarna mer i linje med de i Lenahan et al. (2010), för Pseudomonas (0,9 log CFU) och E. coli (0,1 log CFU).

Förökningen är ju också potentiell i den bemärkelsen att den förutsätter att slaktkroppen är kontaminerad med patogenen i fråga. För patogenerna i rapporten är detta ofta inte fallet och andelen slaktkroppar med patogener varierar beroende på patogen, djurslag och slakthygien. Indikatorer/förskämmande mikroorganismer är mer allmänt förekommande och halterna varierar mycket och beroende på samma faktorer.

Andra osäkerheter är precisionen i beräkningarna och hur väl scenarierna lyckas spegla den variation som finns. En ofta angiven uppskattning av noggrannheten av mikrobiologiska analysmetoder för att kvantifiera bakterier är en halv log-enhet (Jarvis et al., 2007). Detta bidrar tillsammans med experimentella variationer, biologisk variation mellan stammar och livsmedelsmatriser till minskad precision för prognosmodellerna (den Besten et al., 2017). De i studien använda, validerade, modellerna har en precision på omkring en faktor 1,4 vid uppskattning av förökningshastighet/generationstid. Med en antagen generationstid på 52 minuter så tar det ungefär 3 timmar att nå en ökning med en log-enhet (3,32 generationer). En precisionsfaktor på 1,4 innebär att denna tid kan variera mellan cirka 2 och 4 timmar. Dessa insikter är bra att ha med vid bedömning av fördröjningstider och potentiell förökning av patogener och indikatorer.

Vid bedömning av ökningen av antalet patogener behöver den sättas i relation till möjliga doser som detta leder till och därmed förknippade risker för konsumenterna (Figur 3). Detta försvåras av att det gäller färskt kött som oftast bereds eller processas innan konsumtion vilket kan påverka doserna. Effekten i form av log-reduktioner för Salmonella vid olika

värmebehandlingar visas i Figur 6. Salmonella valdes som exempel eftersom den utgjorde den snabbast växande patogenen. För att illustrera hur variationer i värmetålighet, både inom Salmonella och mellan olika livsmedel, påverkar effekten av värmebehandling genomfördes beräkningar baserade på ett medelvärde samt på 95-percentilen för D_{70}-värdet. D_{70}-värdet avser den tid som krävs för en log-reduktion vid 70 °C. Detta utgör ett underlag till att uppskatta effekten av en värmebehandling antingen som ett led i att rikta kött från slaktkroppar som haft en fördröjd nedkylning till enbart värmebehandlade produkter eller för att bedöma eventuell reduktion vid upphettning av köttet. Ett i USA använt FDA-referensvärde för reduktion av bakterier i juice, ägg och L. monocytogenes i färdigmat genom olika processer (”performance criterion”), exempelvis en värmebehandlingsprocess, är 5 log-enheter (Dufort et al., 2017). Det motsvarar en reduktion på 99,999% eller 100 000 gånger. En 5-log reduktion tar lite drygt 9 minuter vid 60 °C och ungefär 2,5 minuter vid 65 °C (Figur 6a). För en mycket värmetålig Salmonella och/eller ett mer skyddande livsmedel skulle det krävas längre tider eller högre temperaturer för att uppnå den graden av log-reduktion. Under dessa förutsättningar tar en 5-logreduktion omkring 5,5 minuter vid 75 °C och mindre än 30 sekunder vid 85 °C (Figur 6b). Eftersom patogener i regel kontaminerar köttets yta exponeras de snabbt för höga temperaturer vid tillagning av hela styckdetaljer, exempelvis vid stekning. För malet kött krävs däremot att hela produktens volym uppnår tillräcklig temperatur under tillräcklig lång tid, det vill säga att en tillräcklig kärntemperatur uppnås.



Figur 6. Beräknad inaktivering/avdödning av Salmonella vid olika temperaturer och tider beroende på variationen av värmetålighet hos bakterien eller det skydd som livsmedlet ger. I a) används medelvärdet av D-värdet, tiden för en log-reduktion, och i b) 95:e percentilen av det varierande D-värdet.

För indikatorer och förskämmande mikroorganismer behöver ökningen av antalet bakterier sättas i relation till initialhalterna (Tabell 6) och till risken för förskämning, halter över 10^7–10^8 bakterier per g eller cm^2 (Jones, 2004, Nychas et al., 2008). Som anges i Tabell 5 finns processhygienkriterier för totalantal aeroba bakterier och Enterobacteriaceae för slaktkroppar av djurslagen. Dessa kriterier baseras på resultat från prover analyserade med mikrobiologiska standardmetoder och gäller för slaktkroppens status före nedkylning. Kriterierna sätter gränser för slakthygieniskt tillfredsställande, godtagbar eller otillfredsställande process. Det öppnar för en möjlighet för företaget att om nedkylningen fördröjs över en viss tid analysera aktuella halter på slaktkropparna på samma sätt som vid provtagning inom egenkontrollen för processhygienkriterierna. Halter av totalantal aeroba bakterier, Enterobacteriaceae och E. coli är relevanta att analysera. Samtliga är indikatororganismer där E. coli är den som främst kopplas till fekal förorening, som krävs för att patogener som STEC eller Salmonella ska kunna överföras till slaktkroppar. Förekomst av E. coli betyder dock inte att patogener finns. I Tabell A4 finns en sammanställning över beräknad haltökning av E. coli för scenarier med fördröjd nedkylning.

Riskkarakterisering (svar på frågor)

När kan slaktkroppar/kött/inälvor utgöra en risk för konsumenter på grund av otillräcklig eller försenad kylning och/eller urtagning?

Specifika frågor:

Fråga 1.

Hur snabbt behöver bukorganen tas ur slaktkroppar av svin, nöt och får innan slaktkroppens mikrobiologiska status försämras och kan utgöra en risk för konsumenter?

Fördröjt urtag av organ kan påverka slaktkroppens mikrobiologiska status på olika sätt. Dels kan organ som finns kvar inne i slaktkroppen utgöra en extra värmekälla som gör att nedkylningen går långsammare. Spridning av tarminnehåll till slaktkroppen skulle också kunna ske när nedbrytningsprocesser hunnit gå så långt att tarmväggen skadas. Det finns enstaka studier som undersökt vilken effekt fördröjt urtag har på slaktkroppars mikrobiologiska status. För nötkreatur sågs inga tecken på spridning av tarmbakterier till ytor av slaktkroppar som är i kontakt med bukorganen när urtagning dröjt i upp till 4 timmar efter avblodningen. Några få äldre studier av får och andra djurslag (till exempel marsvin) pekar mot att ruptur av mag- och tarmorgan inte sker inom åtminstone ett dygn efter döden. Ett problem som observerats vid fördröjt urtag är att bukorgan kan fyllas med gas, vilket försvårar den försenade urtagningsprocessen med ökad risk för skador och fekal förorening som följd.

Fråga 2.

Hur kan halterna av relevanta bakterier på slaktkroppar och inälvor förändras vid försenad nedkylning till 7 °C (slaktkroppar) respektive 3 °C (inälvor) och hur kan dessa halter påverka risken för konsumenter?

När det gäller fördröjd nedkylning av slaktkroppar har de hygieniska konsekvenserna främst studerats hos vilt i samband med jakt. Flera studier visar att omgivningstemperaturen har betydelse för halterna av olika mikroorganismer, såsom totalantal aeroba bakterier, Enterobacteriaceae och E. coli, där högre bakteriehalter observerats när jakten genomförts under varmare väderförhållanden.

Det finns data som visar halter av indikatorbakterier under en normal nedkylningsprocess för nöt, får och svin, både före och efter nedkylning. Dessa halter uppvisar dock en stor variation och kan både öka och minska under processens gång.

För att spegla den stora variation av tid- och temperaturförhållanden som kan uppstå vid slaktavbrott utformades scenarier där nedkylningen fördröjdes med upp till 36 timmar. Under fördröjningsperioden antogs temperaturen i slakthallen vara 15, 20 eller 25 °C. Därefter flyttades slaktkropparna till ett kylrum och kyldes ned till en yttemperatur av 3 °C.

För varje scenario beräknades den potentiella förökningen av ett antal utvalda mikroorganismer. Resultaten jämfördes med beräknade halter på slaktkroppar som kylts ner omedelbart efter slakt, det vill säga utan fördröjning (baslinjen). För fördröjd nedkylning av inälvor saknades tillräckligt underlag för att genomföra separata beräkningar.

De bakterier som inkluderades i beräkningarna var patogenerna STEC, Salmonella och L. monocytogenes, indikatorbakterien E. coli samt de förskämmande mikroorganismerna Pseudomonas och mjölksyrabakterier. Dessa valdes eftersom de förökar sig väl vid de temperaturer som är aktuella vid fördröjd nedkylning, samt eftersom det finns relativt välutvecklade och kalibrerade prognosmodeller tillgängliga för dem. Den potentiella förökningen beräknades både med och utan lagtid, men utan hänsyn till eventuell reduktion av bakteriehalter under kylning eller till konkurrenseffekter från andra mikroorganismer som kan påverka ökningen av patogener. Modellerna bedömdes därför sannolikt överskatta förökningen.

Halter

Hur halterna av bakterier potentiellt kan förändras vid fördröjd nedkylning beskrivs mer detaljerat i exponeringsuppskattningen. Den potentiella förökningen av bakterier ökade med både temperaturen i slakthallen och längden på fördröjningsperioden.

Patogener

Även om Salmonella sällan förekommer på slaktkroppar i Sverige är det den patogen som förökar sig snabbast vid de temperaturer som är aktuella vid fördröjd nedkylning av slaktkroppar. Salmonella kan därför betraktas som ”worst case” för potentiell förökning av patogena bakterier. Den beräknade haltökningen varierade något mellan de olika djurslagen. Nedan ges några exempel för slaktkroppar av nöt:

- Vid omedelbar nedkylning (baslinjen) ökade Salmonella med 0,6 log-enheter (4 ggr) med lagtid och 2 log-enheter (100 ggr) utan lagtid.
- Vid en temperatur i slakthallen på 15 °C och en fördröjd nedkylning på 4 timmar var ökningen av Salmonella jämfört med baslinjen 0,8 log-enheter med lagtid och 0,9 log-

enheter utan lagtid. Den absoluta ökningen motsvarade då 1,4 respektive 2,9 log-enheter. Vid en fördröjning på 12 timmar ökade skillnaden mot baslinjen till 1,7 log-enheter med lagtid och 1,8 log-enheter utan lagtid, vilket motsvarade absoluta ökningar på 2,3 respektive 3,8 log-enheter.

- Vid en temperatur i slakthallen på 25 °C och en fördröjd nedkylning på 4 timmar var ökningen av Salmonella jämfört med baslinjen 1,6 log-enheter med lagtid och 1,8 log-enheter utan lagtid. Den absoluta ökningen uppgick då till 2,3 respektive 3,8 log-enheter. Vid en fördröjning på 12 timmar var skillnaden mot baslinjen 4,2 log-enheter med lagtid och 4,3 log-enheter utan lagtid, med motsvarande absoluta ökningar på 4,8 respektive 6,3 log-enheter.

Indikator- respektive förskämningsbakterier

Mönstret för vilka indikator- respektive förskämningsbakterier som uppvisade snabbast förökning på slaktkroppar var mer komplext och varierande än för de patogena bakterierna. I de flesta scenarier var den absoluta ökningen störst för Pseudomonas. Skillnaden jämfört med baslinjen var generellt störst för antingen Pseudomonas eller E. coli. Nedan följer några exempel för slaktkroppar av nöt:

- Vid direkt nedkylning (baslinjen) ökade Pseudomonas med 1,2 log-enheter med lagtid och 2,1 log-enheter utan lagtid. Motsvarande ökning för E. coli var 0,1 respektive 0,9 log-enheter.
- Vid 15 °C i slakthallen och en fördröjd nedkylning på 4 timmar var skillnaden jämfört med baslinjen 0,4 log-enheter för Pseudomonas, både med och utan lagtid. Den absoluta ökningen uppgick då till 1,6 respektive 2,5 log-enheter. För E. coli var skillnaden mot baslinjen 0,1 log-enheter med lagtid och 0,4 log-enheter utan lagtid. Den absoluta ökningen var 0,2 respektive 1,3 log-enheter. Vid en fördröjning på 12 timmar var skillnaden mot baslinjen 1,1 log-enheter för Pseudomonas, både med och utan lagtid. Den absoluta ökningen uppgick då till 2,3 respektive 3,2 log-enheter. För E. coli var skillnaden mot baslinjen 0,4 respektive 0,9 log-enheter efter 12 timmars fördröjning, vilket motsvarade en absolut ökning av 0,5 respektive 1,9 log-enheter.
- Vid 25 °C i slakthallen och en fördröjd nedkylning på 4 timmar var skillnaden jämfört med baslinjen 0,6 log-enheter för Pseudomonas, både med och utan lagtid. Den absoluta ökningen uppgick då till 1,8 respektive 2,7 log-enheter. För E. coli var skillnaden mot baslinjen 0,4 log-enheter med lagtid och 0,8 log-enheter utan lagtid. De absoluta ökningarna för E. coli var då 0,4 respektive 1,8 log-enheter. Vid en fördröjning på 12 timmar var skillnaden mot baslinjen 1,9 log-enheter för Pseudomonas, både med och utan lagtid. Den absoluta ökningen uppgick då till 3,1 respektive 4,0 log-enheter. För E. coli var skillnaden mot baslinjen 1,6 respektive 2,2

log-enheter efter 12 timmars fördröjning. Den absoluta ökningen var då 1,7 respektive 3,2 log-enheter.

Risker och effekter för konsumenter

För patogener behöver den potentiella förökningen av antalet bakterier sättas i relation till de doser som detta leder till och de därmed förknippade riskerna för konsumenter. Halterna på kontaminerat kött påverkas dessutom av förändringar under perioden efter nedkylning på slakteriet fram till konsumtion. Färskt kött tillagas eller processas vanligtvis före konsumtion, vilket påverkar halterna och därmed doserna som konsumenterna exponeras för. Högre halter av patogener på kött kan även leda till ökad risk för korskontamination i samband med hantering i senare led.

Effekten av olika doser på risken för olika hälsoeffekter illustreras för Salmonella och STEC i exponeringsuppskattningen. En dos på 10 STEC-bakterier (motsvarande 1 log-enhet) innebar en uppskattad sannolikhet på omkring 1 % för att utveckla HUS bland barn i åldern 0–5 år och en sannolikhet på omkring 18 % för infektion (både med och utan symptom) bland skolbarn. Motsvarande dos av Salmonella innebar en beräknad sannolikhet på cirka 2,3 % för salmonellainfektion i den allmänna populationen. Den relativa riskökningen vid en tiofaldig dosökning är som mest ungefär tio gånger men minskar med ökande dos. Ur risksynpunkt är dock den absoluta dosen som konsumeras av störst betydelse. Detta innebär att hänsyn behöver tas till både reduktioner, exempelvis genom värmebehandling, och möjliga ökningar, exempelvis till följd av bristande kylförvaring i senare led i livsmedelskedjan.

För indikator- och förskämningsbakterier behöver den potentiella förökningen sättas i relation till både livsmedelshygien och eventuell förskämning av köttet. Förskämningsgraden påverkas inte enbart av den potentiella tillväxten, utan även av de initiala bakteriehalterna på köttet. Dessa ursprungshalter är mycket variabla och beror på flera faktorer, där slakthygien är en av de mest betydelsefulla. Mikrobiologiska kriterier för processhygien finns för slaktkroppar före kylning och kan ge vägledning för vad som kan anses vara acceptabla nivåer innan nedkylningen påbörjas. Förskämning av kött påverkas av flera faktorer, inklusive vilka förskämningsbakterier som dominerar i mikrobiotan. Generellt börjar synlig eller sensoriskt märkbar förskämning av kött ofta vid halter över 10^7–10^8 bakterier per g eller cm^2.

Värmebehandling

Kött konsumeras sällan rått och i exponeringsuppskattningen illustreras därför effekten av värmebehandling vid olika temperaturer med fokus på Salmonella, som var den patogen som förökades snabbast. Värmetåligheten varierar dock mellan olika Salmonella-stammar samt mellan olika livsmedelsmatriser. Mot denna bakgrund genomfördes en beräkning baserat på medelvärden för värmetålighet och en annan beräkning som även beaktar variation mellan

studier och stammar genom att använda värden som omfattar 95 % av den observerade variationen.

Ett i USA ofta använt referensvärde för reduktion av bakterier vid olika processer, exempelvis en värmebehandlingsprocess, är 5 log-enheter (motsvarande en reduktion med 100 000 gånger). För att uppnå denna reduktion krävs vid 60 °C drygt 9 minuters värmebehandling, medan det vid 70 °C tar mindre än 1 minut. För en mer värmetålig Salmonella-stam och/eller i en mer skyddande livsmedelsmatris krävs längre tider eller högre temperaturer för att uppnå motsvarande log-reduktion. I dessa fall kan en 5-logreduktion ta cirka 5,5 minuter vid 75 °C men mindre än 30 sekunder vid 85 °C. Eftersom patogener i regel kontaminerar köttets yta exponeras de snabbt för höga temperaturer vid tillagning av hela styckdetaljer, exempelvis vid stekning. För malet kött krävs däremot att hela produktens volym uppnår tillräcklig temperatur under tillräcklig lång tid, det vill säga att en tillräcklig kärntemperatur uppnås.

Fråga 3.

Finns det mikrobiologiska analysmetoder för att utvärdera effekten av en försenad kylning eller urtagning på den mikrobiologiska statusen på slaktkroppar/kött/inälvor?

De patogener som kan kontaminera slaktkroppar har vanligen en relativt låg prevalens. När de förekommer är fördelningen heterogen på slaktkroppen, vilket innebär att det i de flesta fall inte är meningsfullt att analysera specifikt för dessa. Sammantaget gör detta att en bedömning av status för patogener baserad på mikrobiologisk analys får anses osäker. Eftersom indikatororganismer är allmänt förekommande, skulle de kunna utvärderas genom liknande provtagning och mikrobiologisk analys som i slakteriföretagets egenkontroll utifrån processhygienkriterierna. Detta möjliggör en uppskattning av effekten av fördröjd nedkylning baserat på halter av indikatororganismer före nedkylning efter fördröjning jämfört med anläggningens baslinjenivå före nedkylning utan fördröjning. I processhygienkriterierna anges gränser för en godtagbar och otillfredsställande process. Skillnaden mot normal provtagning enligt processhygienkriterierna är att resultaten vid fördröjd nedkylning speglar både slakthygienen och den förökning som kan ske under fördröjningen innan nedkylningen påbörjas. Den exakta utformningen av tillämpningen av kriterierna, provtagningen och när den behöver utföras kan behöva specificeras för situationer med fördröjd nedkylning.

Referenser

ADAMS, M. R. & MOSS, M. O. 2008. *Food Microbiology,* Cambridge, The Royal Society of Chemistry.

ALONSO-CALLEJA, C., GUERRERO-RAMOS, E. & CAPITA, R. 2017. Hygienic Status Assessment of Two Lamb Slaughterhouses in Spain. *Journal of Food Protection,* 80**,** 1152–1158.

ALVSEIKE, O., RØSSVOLL, E., RØTTERUD, O.-J., NESBAKKEN, T., SKJERVE, E., PRIETO, M., SANDBERG, M., JOHANNESSEN, G., ØKLAND, M., URDAHL, A. M. & HAUGE, S. J. 2019. Slaughter hygiene in European cattle and sheep abattoirs assessed by microbiological testing and Hygiene Performance Rating. *Food Control,* 101**,** 233–240.

AUGUSTIN, J. C. & CARLIER, V. 2000. Mathematical modelling of the growth rate and lag time for Listeria monocytogenes. *Int J Food Microbiol,* 56**,** 29–51.

AVAGNINA, A., NUCERA, D., GRASSI, M. A., FERROGLIO, E., DALMASSO, A. & CIVERA, T. 2012. The microbiological conditions of carcasses from large game animals in Italy. *Meat science,* 91**,** 266–271.

BARBANI, R., LALINGA, G., BARDASI, L., BRANCIARI, R., MIRAGLIA, D., ROILA, R. & RANUCCI, D. 2021. Effect of time and temperature before chilling on the hygiene of carcasses in wild boar hunted in central Italy. *Ital J Food Saf,* 10**,** 9959.

BLACKBURN, C. & MCCLURE, P. 2009. *Foodborne pathogens: hazards, risk analysis and control*, Elsevier.

BORNEMAN, D. L., INGHAM, S. C. & ANÉ, C. 2009. Mathematical approaches to estimating lag-phase duration and growth rate for predicting growth of Salmonella serovars, escherichia coli O157:H7, and Staphylococcus aureus in raw beef, bratwurst, and poultry. *J Food Prot,* 72**,** 1190–200.

BUCHANAN, R. L., HAVELAAR, A. H., SMITH, M. A., WHITING, R. C. & JULIEN, E. 2009. The Key Events Dose-Response Framework: its potential for application to foodborne pathogenic microorganisms. *Crit Rev Food Sci Nutr,* 49**,** 718–28.

BUNCIC, S. 2006. *Integrated food safety and veterinary public health,* Wallingford, Cabi.

CÂNDIDO, A. R., SOARES, K., MOURA-ALVES, M., SARAIVA, C. & ESTEVES, A. 2025. Sustainable Practices and Microbial Quality of Cattle Offal in Slaughterhouses. *Veterinary Sciences,* 12**,** 153.

DELIGNETTE-MULLER, M. L. 1998. Relation between the generation time and the lag time of bacterial growth kinetics. *Int J Food Microbiol,* 43**,** 97–104.

DELIGNETTE-MULLER, M. L., CORNU, M. & GROUP, A. S. S. 2008. Quantitative risk assessment for Escherichia coli O157: H7 in frozen ground beef patties consumed by young children in French households. *International journal of food microbiology,* 128**,** 158–164.

DEN BESTEN, H. M., ARYANI, D. C., METSELAAR, K. I. & ZWIETERING, M. H. 2017. Microbial variability in growth and heat resistance of a pathogen and a spoiler: All variabilities are equal but some are more equal than others. *Int J Food Microbiol,* 240**,** 24–31.

DUFORT, E. L., ETZEL, M. R. & INGHAM, B. H. 2017. Thermal Processing Parameters to Ensure a 5-log Reduction of Escherichia coli O157: H7, Salmonella enterica, and Listeria monocytogenes in Acidified Tomato-based Foods. *Food Protection Trends,* 37.

EC 1999. European Commission. Opinion of the SCVPH (former Scientific Committee on Veterinary Measures relating to Public Health) on cooling of carcasses during transport - 15-16 March 1999.

EFSA 2014a. EFSA Panel on Biological Hazards. Scientific Opinion on the public health risks related to the maintenance of the cold chain during storage and transport of meat. Part 1 (meat of domestic ungulates). *EFSA Journal,* 12**,** 3601.

EFSA 2014b. EFSA Panel on Biological Hazards. Scientific Opinion on the public health risks related to the maintenance of the cold chain during storage and transport of meat. Part 2 (minced meat from all species). *EFSA Journal,* 12**,** 3783.

EFSA 2026. EFSA Panel on Biological Hazards. Allende, A., Álvarez-Ordóñez, A., Bortolaia, V., Bover-Cid, S., De Cesare, A., Dohmen, W., Herman, L., Jacxsens, L., Mughini-Gras, L., Nauta, M., Ottoson, J., Peixe, L., Pérez-Rodríguez, F., Skandamis, P., Suffredini, E., Blagojevic, B., Lindqvist, R., Van Damme, I., da Silva Felício, M.T., Stella, P., Doyle, N., Guillier, L. Microbiological safety of ungulates meat intended to be frozen and defrosting of frozen ungulates meat. *EFSA Journal,* 24**,** e9825.

EFSA/ECDC 2025. The European Union One Health 2024 Zoonoses Report. *Efsa j,* 23**,** e9759.

FDA 2012. *Bad Bug Book, Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins. Second Edition*.

FOLKHÄLSOMYNDIGHETEN. 2025. *Sjukdomsinformation om enterohemorragisk E. coli-infektion* [Online]. https://www.folkhalsomyndigheten.se/vara-amnesomraden/smittsamma-sjukdomar/smittsam-sjukdom/sjukdomsinformation-om-enterohemorragisk-e-coli-infektion/. [Accessed 15 April 2026].

GILL, C. 2007. Microbiological conditions of meats from large game animals and birds. *Meat science,* 77**,** 149–160.

GILL, C., PENNEY, N. & NOTTINGHAM, P. 1976. Effect of delayed evisceration on the microbial quality of meat. *Applied and environmental microbiology,* 31**,** 465–468.

GILL, C., PENNEY, N. & NOTTINGHAM, P. 1978. Tissue sterility in uneviscerated carcasses. *Applied and environmental microbiology,* 36**,** 356–359.

GILL, C. O. 2004. Encyclopedia of meat sciences, chapter Spoilage, factors affecting. Oxford: Elsevier Academic Press.

ICMSF 1996. Microorganisms in food 5 - Microbiological spricifications of food pathogens. *In:* ROBERTS, T. A., BAIRD-PARKER, A. C. & TOMPKING, R. B. (eds.). London, UK: Blackie Academic & Professional.

INGHAM, S. C., FANSLAU, M. A., BURNHAM, G. M., INGHAM, B. H., NORBACK, J. P. & SCHAFFNER, D. W. 2007. Predicting pathogen growth during short-term temperature abuse of raw pork, beef, and poultry products: use of an isothermal-based predictive tool. *J Food Prot,* 70**,** 1446–56.

JARVIS, B., HEDGES, A. J. & CORRY, J. E. 2007. Assessment of measurement uncertainty for quantitative methods of analysis: comparative assessment of the precision (uncertainty) of bacterial colony counts. *Int J Food Microbiol,* 116**,** 44–51.

JONES, R. J. 2004. Observations on the succession dynamics of lactic acid bacteria populations in chill-stored vacuum-packaged beef. *International Journal of Food Microbiology,* 90**,** 273–282.

JUNQUEIRA, A., GOMES, M., MIYAGUSKU, L., TOLEDO DUARTE, M., SILVA, A. G., ÍTAVO, L. C. V., PEREIRA, M. W. F., CONCEIÇÃO DA SILVA, W. & CAMARGO JÚNIOR, R. N. C. 2024. Influence of Evisceration Delay on Microbial Count in Bovine Carcasses under Tropical Conditions. *Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde,* 27**,** 289–295.

KORKMAZ, B., MAAZ, D., REICH, F., GREMSE, C., HAASE, A., MATEUS-VARGAS, R. H., MADER, A., ROTTENBERGER, I., SCHAFFT, H. A. & BANDICK, N. 2022. Cause and effect analysis between influencing factors related to environmental conditions, hunting and handling practices and the initial microbial load of game carcasses. *Foods,* 11**,** 3726.

LAWLEY, R., CURTIS, L. & DAVIS, J. 2012. *The food safety hazard guidebook*, Royal Society of Chemistry.

LENAHAN, M., O'BRIEN, S. B., KINSELLA, K., SWEENEY, T. & SHERIDAN, J. J. 2010. Assessment of lamb carcass hygiene before and after chilling at five Irish abattoirs. *Food Control,* 21**,** 313–318.

LINDBLAD, M. 2007. Microbiological sampling of swine carcasses: A comparison of data obtained by swabbing with medical gauze and data collected routinely by excision at Swedish abattoirs. *International Journal of Food Microbiology,* 118**,** 180–185.

LINDBLAD, M. 2008. Mikroprofil Nötkreatur - Kartläggning av mikroorganismer på slaktkroppar. *Livsmedelsverkets rapport*.

LINDBLAD, M., LINDMARK, H., LAMBERTZ, S. T. & LINDQVIST, R. 2007. Microbiological baseline study of swine carcasses at Swedish slaughterhouses. *J Food Prot,* 70**,** 1790–7.

LIVSMEDELSVERKET. 2024. *Mikrobiologiska kriterier* [Online]. Kontrollwiki. Available: https://kontrollwiki.livsmedelsverket.se/artikel/121/mikrobiologiska-kriterier#analys-och-provtagningsforfaranden [Accessed 27/4 2026].

LIVSMEDELSVERKET. 2025. *Listeria monocytogenes* [Online]. https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/bakterier-virus-parasiter-och-mogelsvampar1/bakterier/listeria-monocytogenes/. [Accessed 15 April 2026].

MALDAGUE, A., DAUBE, G., MARTINELLE, L., LAGAMME, C., CRÈVECOEUR, S., VANDENHEEDE, M. & KORSAK, N. 2024. The Impact of an Extended Bleed-to-evisceration Interval on the Microbiological Quality of On-farm Slaughtered Cattle Carcasses. *Journal of Food Protection,* 87**,** 100392.

MCSHARRY, S., KOOLMAN, L., WHYTE, P. & BOLTON, D. 2021. The microbiology of beef from carcass chilling through primal storage to retail steaks. *Current Research in Food Science,* 4**,** 150–162.

MEAT & LIVESTOCK, A. 2026. *The Refrigeration Index Calculator - Explanatory Notes* [Online]. Available: https://ricalculator.mla.com.au [Accessed 20 April 2026].

MEJLHOLM, O. & DALGAARD, P. 2007. Modeling and predicting the growth of lactic acid bacteria in lightly preserved seafood and their inhibiting effect on Listeria monocytogenes. *J Food Prot,* 70**,** 2485–97.

MELLEFONT, L. A., MCMEEKIN, T. A. & ROSS, T. 2003a. The effect of abrupt osmotic shifts on the lag phase duration of foodborne bacteria. *Int J Food Microbiol,* 83**,** 281–93.

MELLEFONT, L. A., MCMEEKIN, T. A. & ROSS, T. 2003b. Performance evaluation of a model describing the effects of temperature, water activity, pH and lactic acid concentration on the growth of Escherichia coli. *Int J Food Microbiol,* 82**,** 45–58.

MINISTRY FOR PRIMARY INDUSTRIES, 2017. Slaughter and dressing - Red meat code of practice chapter 5. New Zealand government.

NYBERG, K. 2021. Kvalitativ riskvärdering av mikroorganismer i opastöriserad mjölk. *Livsmedelsverkets PM*.

NYCHAS, G.-J. E., SKANDAMIS, P. N., TASSOU, C. C. & KOUTSOUMANIS, K. P. 2008. Meat spoilage during distribution. *Meat Science,* 78**,** 77–89.

PAULSEN, P. & WINKELMAYER, R. 2004. Seasonal variation in the microbial contamination of game carcasses in an Austrian hunting area. *European Journal of Wildlife Research,* 50**,** 157–159.

PERUZY, M., MURRU, N., SMALDONE, G., PROROGA, Y., CRISTIANO, D., FIORETTI, A. & ANASTASIO, A. 2022. Hygiene evaluation and microbiological hazards of hunted wild boar carcasses. *Food Control,* 135**,** 108782.

POGREBA-BROWN, K., AUSTHOF, E., ARMSTRONG, A., SCHAEFER, K., VILLA ZAPATA, L., MCCLELLAND, D. J., BATZ, M. B., KUECKEN, M., RIDDLE, M., PORTER, C. K. & BAZACO, M. C. 2020. Chronic Gastrointestinal and Joint-Related Sequelae Associated with Common Foodborne Illnesses: A Scoping Review. *Foodborne Pathog Dis,* 17**,** 67–86.

R CORE TEAM 2026. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

REID, R., FANNING, S., WHYTE, P., KERRY, J., LINDQVIST, R., YU, Z. & BOLTON, D. 2017. The microbiology of beef carcasses and primals during chilling and commercial storage. *Food Microbiology,* 61**,** 50–57.

ROBINSON, T. P., OCIO, M. J., KALOTI, A. & MACKEY, B. M. 1998. The effect of the growth environment on the lag phase of Listeria monocytogenes. *Int J Food Microbiol,* 44**,** 83–92.

ROSS, T. 1999. Predictive Microbiology for the Meat Industry. Meat & Livestock, Australia.

SARTZ, L., DE JONG, B., HJERTQVIST, M., PLYM-FORSHELL, L., ALSTERLUND, R., LÖFDAHL, 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**,** 370–80.

SAUVALA, M., LAAKSONEN, S., LAUKKANEN-NINIOS, R., JALAVA, K., STEPHAN, R. & FREDRIKSSON-AHOMAA, M. 2019. Microbial contamination of moose (Alces alces) and white-tailed deer (Odocoileus virginianus) carcasses harvested by hunters. *Food microbiology,* 78**,** 82–88.

SAVELL, J. W., MUELLER, S. L. & BAIRD, B. E. 2005. The chilling of carcasses. *Meat Science,* 70**,** 449–459.

SMITH, M. G. 1985. The generation time, lag time, and minimum temperature of growth of coliform organisms on meat, and the implications for codes of practice in abattoirs. *J Hyg (Lond),* 94**,** 289–300.

SOCIALSTYRELSEN 2013. *Salmonella – Ett nationellt strategidokument* [Online]. https://www.folkhalsomyndigheten.se/publikationer-och-material/publikationsarkiv/s/salmonella-ett-nationellt-strategidokument/ [Accessed 15 April 2026].

SVA 2025. Statens veterinärmedicinska anstalt. Smittläget i Sverige för djursjukdomar och zoonoser 2024. Uppsala.

SÖDERSTRÖM, A., OSTERBERG, P., LINDQVIST, A., JÖNSSON, B., LINDBERG, A., BLIDE ULANDER, S., WELINDER-OLSSON, C., LÖFDAHL, S., KAIJSER, B., DE JONG, B., KÜHLMANN-BERENZON, S., BOQVIST, S., ERIKSSON, E., SZANTO, E., ANDERSSON, S., ALLESTAM, G., HEDENSTRÖM, I., LEDET MULLER, L. & ANDERSSON, Y. 2008. A large Escherichia coli O157 outbreak in Sweden associated with locally produced lettuce. *Foodborne Pathog Dis,* 5**,** 339–49.

TEUNIS, P., TAKUMI, K. & SHINAGAWA, K. 2004. Dose response for infection by Escherichia coli O157: H7 from outbreak data. *Risk Analysis: An International Journal,* 24**,** 401–407.

VAN ASSELT, E. D. & ZWIETERING, M. H. 2006. A systematic approach to determine global thermal inactivation parameters for various food pathogens. *Int J Food Microbiol,* 107**,** 73–82.

VANDERLINDE, P., HORCHNER, P., HUYNH, L. & JENSON, I. 2022. Microbiological Quality of Red Meat Offal Produced at Australian Export Establishments. *Foods,* 11**,** 3007.

WHO/FAO 2002. *World Health Organization/Food and Agriculture Organization of the United Nations. Risk assessments of Salmonella in eggs and broiler chickens*, Food & Agriculture Org.

ØSTERGAARD, N. B., CHRISTIANSEN, L. E. & DALGAARD, P. 2015. Stochastic modelling of Listeria monocytogenes single cell growth in cottage cheese with mesophilic lactic acid bacteria from aroma producing cultures. *Int J Food Microbiol,* 204**,** 55–65.

Bilagor

Potentiell förökning med och utan lagtid

Tabell A1. Sammanställning av beräknad potentiell förökning (log CFU) på slaktkroppar av nöt jämfört med baslinjen (omedelbar nedkylning). De angivna värdena representerar dels den absoluta förökningen, dels ökningen relativt baslinjen vid tidpunkten då nedkylningen är avslutad. För indikatorbakterien E. coli gäller samma förökning som för STEC.

Temperatur i slakthallen	Fördröjning (Timmar)	MO[1]	Utan lagtid		Med lagtid	
			Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)	Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)
15	0, direkt kylning	Lm	1,5	—	0,3	—
		Ps	2,1	—	1,2	—
		STEC	0,9	—	0,1	—
		LAB	1,4	—	0,6	—
		Sal	2,0	—	0,6	—
	1	Lm	1,6	0,1	0,4	0,1
		Ps	2,2	0,1	1,3	0,1
		STEC	1,0	0,1	0,1	0,0
		LAB	1,5	0,1	0,7	0,1
		Sal	2,3	0,3	0,8	0,2
	2	Lm	1,7	0,2	0,4	0,1
		Ps	2,3	0,2	1,4	0,2
		STEC	1,2	0,2	0,2	0,1
		LAB	1,6	0,2	0,7	0,1
		Sal	2,5	0,5	1,0	0,4
	3	Lm	1,8	0,3	0,5	0,2
		Ps	2,4	0,3	1,5	0,3
		STEC	1,3	0,3	0,2	0,1
		LAB	1,6	0,2	0,8	0,2
		Sal	2,7	0,7	1,2	0,6
	4	Lm	1,9	0,4	0,5	0,2
		Ps	2,5	0,4	1,6	0,4
		STEC	1,3	0,4	0,2	0,1
		LAB	1,7	0,3	0,9	0,3

Temperatur i slakthallen	Fördröjning (Timmar)	MO[1]	Utan lagtid		Med lagtid	
			Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)	Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)
		Sal	2,9	0,9	1,4	0,8
	5	Lm	2,0	0,5	0,6	0,3
		Ps	2,6	0,5	1,7	0,5
		STEC	1,4	0,5	0,3	0,2
		LAB	1,8	0,4	0,9	0,3
		Sal	3,0	1,0	1,5	0,9
	6	Lm	2,0	0,5	0,6	0,3
		Ps	2,7	0,6	1,8	0,6
		STEC	1,5	0,6	0,3	0,2
		LAB	1,8	0,4	1,0	0,4
		Sal	3,2	1,2	1,7	1,1
	12	Lm	2,4	0,9	0,9	0,6
		Ps	3,2	1,1	2,3	1,1
		STEC	1,9	0,9	0,5	0,4
		LAB	2,1	0,7	1,3	0,7
		Sal	3,8	1,8	2,3	1,7
	24	Lm	2,9	1,4	1,4	1,1
		Ps	3,9	1,8	3,0	1,8
		STEC	2,4	1,5	1,0	0,9
		LAB	2,6	1,2	1,7	1,1
		Sal	4,6	2,6	3,1	2,5
	36	Lm	3,3	1,8	1,8	1,5
		Ps	4,4	2,3	3,5	2,3
		STEC	2,9	2,0	1,5	1,4
		LAB	3,0	1,6	2,1	1,5
		Sal	5,1	3,1	3,6	3,0
20	1	Lm	1,7	0,2	0,4	0,1
		Ps	2,2	0,1	1,3	0,1
		STEC	1,1	0,2	0,1	0,0
		LAB	1,5	0,1	0,7	0,1
		Sal	2,4	0,4	0,9	0,3
	2	Lm	1,8	0,3	0,5	0,2
		Ps	2,3	0,2	1,4	0,2
		STEC	1,3	0,3	0,2	0,1

Temperatur i slakthallen	Fördröjning (Timmar)	MO[1]	Utan lagtid		Med lagtid	
			Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)	Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)
20		LAB	1,6	0,2	0,8	0,2
		Sal	2,7	0,7	1,2	0,6
	3	Lm	2,0	0,4	0,6	0,3
		Ps	2,5	0,4	1,6	0,3
		STEC	1,4	0,5	0,2	0,2
		LAB	1,7	0,3	0,9	0,3
		Sal	3,0	1,0	1,5	0,9
	4	Lm	2,1	0,6	0,7	0,4
		Ps	2,6	0,5	1,7	0,5
		STEC	1,5	0,6	0,3	0,2
		LAB	1,8	0,5	1,0	0,4
		Sal	3,3	1,3	1,8	1,2
	5	Lm	2,2	0,7	0,8	0,5
		Ps	2,7	0,6	1,8	0,6
		STEC	1,7	0,7	0,4	0,3
		LAB	1,9	0,5	1,1	0,5
		Sal	3,6	1,5	2,0	1,4
	6	Lm	2,3	0,8	0,9	0,6
		Ps	2,9	0,8	2,0	0,8
		STEC	1,8	0,9	0,5	0,4
		LAB	2,0	0,6	1,2	0,6
		Sal	3,8	1,8	2,3	1,7
	12	Lm	2,8	1,3	1,4	1,1
		Ps	3,6	1,6	2,7	1,5
		STEC	2,4	1,5	1,0	0,9
		LAB	2,5	1,1	1,6	1,0
		Sal	5,0	3,0	3,5	2,9
	24	Lm	3,7	2,2	2,2	1,9
		Ps	4,8	2,7	3,9	2,7
		STEC	3,6	2,6	2,1	2,0
		LAB	3,3	1,9	2,4	1,8
		Sal	6,6	4,6	5,1	4,5
	36	Lm	4,4	2,9	2,9	2,6
		Ps	5,6	3,5	4,7	3,5

Temperatur i slakthallen	Fördröjning (Timmar)	MO[1]	Utan lagtid		Med lagtid	
			Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)	Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)
		STEC	4,7	3,7	3,2	3,1
		LAB	3,9	2,5	3,0	2,4
		Sal	7,6	5,6	6,1	5,5
25	1	Lm	1,7	0,2	0,4	0,1
		Ps	2,2	0,1	1,3	0,1
		STEC	1,2	0,2	0,1	0,1
		LAB	1,6	0,2	0,7	0,1
		Sal	2,5	0,5	1,0	0,4
	2	Lm	1,9	0,4	0,5	0,3
		Ps	2,4	0,3	1,5	0,3
		STEC	1,4	0,4	0,2	0,1
		LAB	1,7	0,3	0,9	0,3
		Sal	2,9	0,9	1,4	0,8
	3	Lm	2,1	0,6	0,7	0,4
		Ps	2,5	0,4	1,6	0,4
		STEC	1,6	0,6	0,3	0,2
		LAB	1,9	0,5	1,0	0,4
		Sal	3,4	1,4	1,9	1,2
	4	Lm	2,3	0,8	0,8	0,5
		Ps	2,7	0,6	1,8	0,6
		STEC	1,8	0,8	0,4	0,4
		LAB	2,0	0,6	1,1	0,5
		Sal	3,8	1,8	2,3	1,6
	5	Lm	2,4	0,9	1,0	0,7
		Ps	2,9	0,8	2,0	0,7
		STEC	1,9	1,0	0,6	0,5
		LAB	2,1	0,7	1,2	0,7
		Sal	4,1	2,1	2,6	2,0
	6	Lm	2,6	1,1	1,1	0,8
		Ps	3,0	0,9	2,1	0,9
		STEC	2,1	1,2	0,7	0,6
		LAB	2,3	0,9	1,4	0,8
		Sal	4,5	2,5	3,0	2,4
	12	Lm	3,4	1,9	1,9	1,6

Temperatur i slakthallen	Fördröjning (Timmar)	MO[1]	Utan lagtid		Med lagtid	
			Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)	Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)
		Ps	4,0	1,9	3,1	1,9
		STEC	3,2	2,2	1,7	1,6
		LAB	3,0	1,6	2,1	1,5
		Sal	6,3	4,3	4,8	4,2
	24	Lm	4,7	3,2	3,2	2,9
		Ps	5,6	3,5	4,7	3,5
		STEC	5,0	4,1	3,5	3,4
		LAB	4,1	2,7	3,2	2,6
		Sal	8,7	6,7	7,6	7,0
	36	Lm	5,7	4,2	4,2	3,9
		Ps	6,7	4,6	5,8	4,5
		STEC	6,9	5,9	5,4	5,3
		LAB	5,1	3,7	4,1	3,6
		Sal	9,0	7,0	8,8	8,2

[1] MO=Mikroorganism, LM=Listeria monocytogenes, Ps=Pseudomonas, STEC=Shiga-toxin-producerande E. coli, LAB=Mjölksyrabakterier, Sal=Salmonella.

Tabell A2. Sammanställning av beräknad potentiell förökning (log CFU) på slaktkroppar av får/lamm jämfört med baslinjen (omedelbar nedkylning). De angivna värdena representerar dels den absoluta förökningen, dels ökningen relativt baslinjen vid tidpunkten då nedkylningen är avslutad. För indikatorbakterien E. coli gäller samma förökning som för STEC.

Temperatur i slakthallen	Fördröjning (Timmar)	MO[1]	Utan lagtid		Med lagtid	
			Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)	Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)
15	0, direkt kylning	Lm	1,3	—	0,2	—
		Ps	1,8	—	0,9	—
		STEC	0,7	—	0,1	—
		LAB	1,2	—	0,5	—
		Sal	1,6	—	0,3	—
	1	Lm	1,4	0,1	0,3	0,1
		Ps	1,9	0,1	1,0	0,1
		STEC	0,8	0,1	0,1	0,0
		LAB	1,3	0,1	0,5	0,1
		Sal	1,8	0,3	0,5	0,2
	2	Lm	1,5	0,2	0,3	0,1
		Ps	2,0	0,2	1,1	0,2
		STEC	0,9	0,2	0,1	0,0
		LAB	1,4	0,2	0,6	0,1
		Sal	2,0	0,5	0,6	0,3
	3	Lm	1,6	0,3	0,4	0,2
		Ps	2,1	0,3	1,2	0,3
		STEC	1,0	0,3	0,1	0,1
		LAB	1,4	0,2	0,6	0,2
		Sal	2,2	0,7	0,8	0,5
	4	Lm	1,7	0,4	0,4	0,2
		Ps	2,2	0,4	1,3	0,4
		STEC	1,1	0,4	0,1	0,1
		LAB	1,5	0,3	0,7	0,2
		Sal	2,4	0,8	0,9	0,6
	5	Lm	1,8	0,5	0,5	0,3
		Ps	2,3	0,5	1,4	0,5
		STEC	1,2	0,5	0,2	0,1
		LAB	1,6	0,4	0,7	0,3

Temperatur i slakthallen	Fördröjning (Timmar)	MO[1]	Utan lagtid		Med lagtid	
			Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)	Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)
		Sal	2,5	1,0	1,1	0,7
	6	Lm	1,8	0,6	0,5	0,3
		Ps	2,4	0,6	1,5	0,6
		STEC	1,2	0,5	0,2	0,1
		LAB	1,6	0,4	0,8	0,3
		Sal	2,7	1,1	1,2	0,9
	12	Lm	2,2	0,9	0,8	0,6
		Ps	2,9	1,1	2,0	1,1
		STEC	1,6	0,9	0,3	0,3
		LAB	1,9	0,7	1,1	0,6
		Sal	3,3	1,7	1,8	1,4
	24	Lm	2,7	1,4	1,2	1,0
		Ps	3,7	1,9	2,8	1,8
		STEC	2,1	1,4	0,7	0,6
		LAB	2,4	1,2	1,5	1,1
		Sal	4,0	2,5	2,5	2,2
	36	Lm	3,1	1,8	1,6	1,4
		Ps	4,2	2,4	3,3	2,3
		STEC	2,6	1,9	1,2	1,1
		LAB	2,8	1,6	1,9	1,4
		Sal	4,5	3,0	3,0	2,7
20	1	Lm	1,5	0,2	0,3	0,1
		Ps	1,9	0,1	1,0	0,1
		STEC	0,9	0,2	0,1	0,0
		LAB	1,3	0,1	0,5	0,1
		Sal	1,9	0,4	0,6	0,2
	2	Lm	1,6	0,3	0,4	0,2
		Ps	2,0	0,2	1,2	0,2
		STEC	1,0	0,3	0,1	0,1
20		LAB	1,4	0,2	0,6	0,2
		Sal	2,3	0,7	0,8	0,5
	3	Lm	1,8	0,5	0,4	0,2
		Ps	2,2	0,4	1,3	0,4
		STEC	1,2	0,5	0,2	0,1

Temperatur i slakthallen	Fördröjning (Timmar)	MO[1]	Utan lagtid		Med lagtid	
			Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)	Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)
		LAB	1,5	0,4	0,7	0,3
		Sal	2,6	1,0	1,1	0,8
	4	Lm	1,9	0,6	0,5	0,3
		Ps	2,3	0,5	1,4	0,5
		STEC	1,3	0,6	0,2	0,2
		LAB	1,7	0,5	0,8	0,4
		Sal	2,8	1,3	1,3	1,0
	5	Lm	2,0	0,7	0,6	0,4
		Ps	2,5	0,7	1,6	0,6
		STEC	1,4	0,7	0,3	0,2
		LAB	1,7	0,6	0,9	0,4
		Sal	3,1	1,5	1,6	1,3
	6	Lm	2,1	0,8	0,7	0,5
		Ps	2,6	0,8	1,7	0,8
		STEC	1,5	0,8	0,3	0,3
		LAB	1,8	0,6	1,0	0,5
		Sal	3,3	1,7	1,8	1,5
	12	Lm	2,7	1,4	1,2	1,0
		Ps	3,4	1,6	2,5	1,6
		STEC	2,2	1,4	0,7	0,7
		LAB	2,3	1,1	1,4	1,0
		Sal	4,4	2,9	2,9	2,6
	24	Lm	3,6	2,3	2,1	1,9
		Ps	4,6	2,8	3,7	2,8
		STEC	3,3	2,5	1,8	1,7
		LAB	3,1	1,9	2,2	1,8
		Sal	6,0	4,5	4,5	4,2
	36	Lm	4,3	3,0	2,8	2,6
		Ps	5,4	3,6	4,5	3,6
		STEC	4,3	3,6	2,8	2,8
		LAB	3,8	2,6	2,9	2,4
		Sal	7,1	5,5	5,6	5,3
25	1	Lm	1,5	0,2	0,3	0,1
		Ps	1,9	0,1	1,1	0,1

Temperatur i slakthallen	Fördröjning (Timmar)	MO[1]	Utan lagtid		Med lagtid	
			Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)	Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)
		STEC	0,9	0,2	0,1	0,0
		LAB	1,4	0,2	0,6	0,1
		Sal	2,1	0,5	0,7	0,3
	2	Lm	1,7	0,4	0,4	0,2
		Ps	2,1	0,3	1,2	0,3
		STEC	1,1	0,4	0,1	0,1
		LAB	1,5	0,3	0,7	0,2
		Sal	2,5	0,9	1,0	0,7
	3	Lm	1,9	0,6	0,6	0,4
		Ps	2,3	0,5	1,4	0,4
		STEC	1,3	0,6	0,2	0,2
		LAB	1,7	0,5	0,8	0,4
		Sal	2,9	1,4	1,4	1,1
	4	Lm	2,1	0,8	0,7	0,5
		Ps	2,4	0,6	1,5	0,6
		STEC	1,5	0,8	0,3	0,3
		LAB	1,8	0,6	0,9	0,5
		Sal	3,3	1,7	1,8	1,5
	5	Lm	2,3	1,0	0,8	0,6
		Ps	2,6	0,8	1,7	0,8
		STEC	1,7	1,0	0,4	0,4
		LAB	1,9	0,7	1,1	0,6
		Sal	3,7	2,1	2,2	1,8
	6	Lm	2,4	1,1	1,0	0,8
		Ps	2,8	1,0	1,9	1,0
		STEC	1,9	1,2	0,5	0,5
		LAB	2,1	0,9	1,2	0,7
		Sal	4,0	2,5	2,5	2,2
	12	Lm	3,3	2,0	1,8	1,6
		Ps	3,8	2,0	2,9	2,0
		STEC	2,9	2,2	1,4	1,3
		LAB	2,8	1,6	1,9	1,4
		Sal	5,8	4,3	4,3	4,0
	24	Lm	4,6	3,3	3,1	2,9

Temperatur i slakthallen	Fördröjning (Timmar)	MO[1]	Utan lagtid		Med lagtid	
			Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)	Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)
		Ps	5,5	3,7	4,6	3,6
		STEC	4,7	4,0	3,2	3,2
		LAB	4,0	2,8	3,1	2,6
		Sal	8,4	6,9	7,1	6,7
	36	Lm	5,7	4,5	4,2	4,0
		Ps	6,6	4,8	5,7	4,7
		STEC	6,6	5,9	5,1	5,0
		LAB	4,9	3,7	4,0	3,6
		Sal	9,0	7,4	8,7	8,3

[1] MO=Mikroorganism, LM=Listeria monocytogenes, Ps=Pseudomonas spp, STEC=Shiga-toxin-producerande E. coli, LAB=Mjölksyrabakterier, Sal=Salmonella.

Tabell A3. Sammanställning av beräknad potentiell förökning (log CFU) på slaktkroppar av gris jämfört med baslinjen (omedelbar nedkylning). De angivna värdena representerar dels den absoluta förökningen, dels ökningen relativt baslinjen vid tidpunkten då nedkylningen är avslutad. För indikatorbakterien E. coli gäller samma förökning som för STEC.

Temperatur i slakthallen	Fördröjning (Timmar)	MO[1]	Utan lagtid		Med lagtid	
			Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)	Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)
15	0, direkt kylning	Lm	2,0	—	0,6	—
		Ps	2,7	—	1,8	—
		STEC	1,4	—	0,3	—
		LAB	1,8	—	1,0	—
		Sal	3,0	—	1,5	—
	1	Lm	2,1	0,1	0,7	0,1
		Ps	2,8	0,1	1,9	0,1
		STEC	1,6	0,1	0,3	0,1
		LAB	1,9	0,1	1,0	0,1
		Sal	3,3	0,3	1,8	0,2
	2	Lm	2,2	0,2	0,8	0,2
		Ps	2,9	0,1	2,0	0,1
		STEC	1,7	0,2	0,4	0,1
		LAB	2,0	0,2	1,1	0,1
		Sal	3,5	0,5	2,0	0,5
	3	Lm	2,3	0,3	0,8	0,2
		Ps	3,0	0,2	2,1	0,2
		STEC	1,8	0,3	0,5	0,2
		LAB	2,1	0,2	1,2	0,2
		Sal	3,7	0,7	2,2	0,7
	4	Lm	2,3	0,4	0,9	0,3
		Ps	3,1	0,3	2,2	0,3
		STEC	1,9	0,4	0,5	0,3
		LAB	2,1	0,3	1,3	0,3
		Sal	3,9	0,9	2,4	0,9
	5	Lm	2,4	0,4	1,0	0,4
		Ps	3,2	0,4	2,3	0,4
		STEC	2,0	0,5	0,6	0,3
		LAB	2,2	0,4	1,3	0,3
		Sal	4,1	1,1	2,6	1,1

Temperatur i slakthallen	Fördröjning (Timmar)	MO[1]	Utan lagtid		Med lagtid	
			Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)	Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)
	6	Lm	2,5	0,5	1,0	0,4
		Ps	3,3	0,5	2,4	0,5
		STEC	2,1	0,6	0,7	0,4
		LAB	2,3	0,4	1,4	0,4
		Sal	4,2	1,2	2,7	1,2
	12	Lm	2,8	0,9	1,4	0,8
		Ps	3,8	1,0	2,9	1,0
		STEC	2,5	1,1	1,0	0,8
		LAB	2,6	0,8	1,7	0,7
		Sal	5,0	2,0	3,5	2,0
	24	Lm	3,4	1,4	1,9	1,3
		Ps	4,5	1,8	3,6	1,8
		STEC	3,2	1,7	1,7	1,4
		LAB	3,1	1,2	2,2	1,2
		Sal	5,9	2,9	4,4	2,9
	36	Lm	3,8	1,8	2,3	1,7
		Ps	4,9	2,2	4,0	2,2
		STEC	3,7	2,3	2,2	1,9
		LAB	3,4	1,6	2,5	1,6
		Sal	6,4	3,4	4,9	3,4
20	1	Lm	2,1	0,2	0,7	0,1
		Ps	2,8	0,1	1,9	0,1
		STEC	1,6	0,2	0,4	0,1
		LAB	2,0	0,1	1,1	0,1
		Sal	3,4	0,4	1,9	0,4
	2	Lm	2,3	0,3	0,8	0,2
		Ps	2,9	0,2	2,0	0,2
		STEC	1,8	0,3	0,4	0,2
		LAB	2,1	0,2	1,2	0,2
		Sal	3,7	0,7	2,2	0,7
	3	Lm	2,4	0,4	0,9	0,3
		Ps	3,1	0,3	2,2	0,3
		STEC	1,9	0,5	0,6	0,3
		LAB	2,2	0,3	1,3	0,3

Temperatur i slakthallen	Fördröjning (Timmar)	MO[1]	Utan lagtid		Med lagtid	
			Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)	Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)
		Sal	4,0	1,0	2,5	1,0
	4	Lm	2,5	0,5	1,0	0,5
		Ps	3,2	0,4	2,3	0,4
		STEC	2,1	0,6	0,7	0,4
		LAB	2,3	0,4	1,4	0,4
		Sal	4,3	1,3	2,8	1,3
	5	Lm	2,6	0,6	1,2	0,6
		Ps	3,3	0,6	2,4	0,6
		STEC	2,2	0,8	0,8	0,5
		LAB	2,4	0,5	1,5	0,5
		Sal	4,6	1,6	3,1	1,6
	6	Lm	2,7	0,8	1,3	0,7
		Ps	3,4	0,7	2,5	0,7
		STEC	2,4	0,9	0,9	0,6
		LAB	2,5	0,6	1,6	0,6
		Sal	4,9	1,8	3,4	1,8
	12	Lm	3,3	1,3	1,8	1,2
		Ps	4,2	1,4	3,3	1,4
		STEC	3,1	1,7	1,6	1,3
		LAB	3,0	1,1	2,1	1,1
		Sal	6,1	3,1	4,6	3,1
	24	Lm	4,1	2,2	2,6	2,0
		Ps	5,3	2,5	4,4	2,5
		STEC	4,3	2,9	2,8	2,5
		LAB	3,8	1,9	2,9	1,9
		Sal	7,8	4,8	6,3	4,8
	36	Lm	4,8	2,8	3,3	2,7
		Ps	6,0	3,2	5,1	3,2
		STEC	5,4	4,0	3,9	3,7
		LAB	4,4	2,5	3,5	2,5
		Sal	8,6	5,6	7,3	5,8
25	1	Lm	2,2	0,2	0,8	0,2
		Ps	2,9	0,1	2,0	0,1
		STEC	1,7	0,2	0,4	0,1

Temperatur i slakthallen	Fördröjning (Timmar)	MO[1]	Utan lagtid		Med lagtid	
			Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)	Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)
		LAB	2,0	0,2	1,1	0,1
		Sal	3,5	0,5	2,0	0,5
	2	Lm	2,4	0,4	0,9	0,3
		Ps	3,0	0,2	2,1	0,2
		STEC	1,9	0,4	0,5	0,3
		LAB	2,1	0,3	1,3	0,3
		Sal	3,9	0,9	2,4	0,9
	3	Lm	2,5	0,6	1,1	0,5
		Ps	3,1	0,4	2,2	0,4
		STEC	2,1	0,7	0,7	0,4
		LAB	2,3	0,4	1,4	0,4
		Sal	4,4	1,4	2,9	1,3
	4	Lm	2,7	0,7	1,2	0,6
		Ps	3,3	0,5	2,4	0,5
		STEC	2,3	0,9	0,9	0,6
		LAB	2,4	0,6	1,5	0,6
		Sal	4,8	1,8	3,3	1,7
	5	Lm	2,8	0,9	1,4	0,8
		Ps	3,4	0,7	2,5	0,7
		STEC	2,5	1,1	1,0	0,8
		LAB	2,6	0,7	1,7	0,7
		Sal	5,2	2,1	3,6	2,1
	6	Lm	3,0	1,0	1,5	0,9
		Ps	3,6	0,8	2,7	0,8
		STEC	2,7	1,2	1,2	0,9
		LAB	2,7	0,8	1,8	0,8
		Sal	5,5	2,5	4,0	2,5
	12	Lm	3,8	1,8	2,3	1,7
		Ps	4,4	1,7	3,5	1,7
		STEC	3,8	2,3	2,3	2,0
		LAB	3,4	1,6	2,5	1,5
		Sal	7,4	4,4	5,9	4,4
	24	Lm	5,0	3,1	3,5	2,9
		Ps	5,9	3,2	5,0	3,2

Temperatur i slakthallen	Fördröjning (Timmar)	MO[1]	Utan lagtid		Med lagtid	
			Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)	Förökning (log CFU)	Skillnad mot baslinjen (log CFU)
		STEC	5,7	4,3	4,2	4,0
		LAB	4,5	2,7	3,6	2,7
		Sal	9,0	6,0	8,5	7,0
	36	Lm	6,0	4,1	4,5	3,9
		Ps	6,8	4,1	5,9	4,1
		STEC	7,6	6,2	6,1	5,8
		LAB	5,4	3,6	4,5	3,5
		Sal	9,0	6,0	9,0	7,5

[1] MO=Mikroorganism, LM=Listeria monocytogenes, Ps=Pseudomonas, STEC=Shiga-toxin-producerande E. coli, LAB=Mjölksyrabakterier, Sal=Salmonella.

Tabell A4. Sammanställning av beräknad potentiell förökning av indikatorbakterien E. coli (log CFU) på slaktkroppar av nöt, får/lamm respektive gris för olika scenarier med fördröjd nedkylning. De angivna värdena representerar den absoluta förökningen av E. coli vid tidpunkten då nedkylningen är avslutad. Beräkningarna utgår från en initial halt av 1 CFU samt en omgivningstemperatur på 20 °C i slakthallen under den fördröjda nedkylningen.

Fördröjning (Timmar)	Nöt	Får/lamm	Gris
0, omedelbar nedkylning	0,9	0,7	1,4
1	1,1	0,9	1,6
2	1,3	1	1,8
3	1,4	1,2	1,9
4	1,5	1,3	2,1
5	1,7	1,4	2,2
6	1,8	1,5	2,4
7	1,9	1,7	2,5
8	2	1,8	2,6
9	2,1	1,9	2,7
10	2,2	2	2,9
11	2,3	2,1	3
12	2,4	2,2	3,1
13	2,5	2,3	3,2
14	2,6	2,3	3,3
15	2,7	2,4	3,4
16	2,8	2,5	3,5
18	3,1	2,7	3,7
20	3,2	2,9	3,9
22	3,4	3,1	4,1
24	3,6	3,3	4,3
36	4,7	4,3	5,4


Livsmedelsverket