

美国食品安全检验局有关控制猪屠宰厂和猪肉加工企业内沙门氏菌的指南

2023年6月

FSIS-GD-2023-0003



本指南包含给猪肉生产企业有关在屠宰前到屠宰的过程中控制出栏猪沙门氏菌的信息和建议，尤其涵盖以下方面：

- 屠宰前检测，包括农场饲养、多重干预、运输和出栏；
- 屠宰厂控制；及
- 猪肉生产检测，包括猪肉块和猪肉糜产品的加工、包装和分销控制。

目录

目录.....	2
序言.....	4
目的.....	4
重新发布指南的原因	5
较本指南前一版的变化	5
如何有效使用本指南	6
关于本指南中课题的问题.....	6
美国食品安全检验局有关控制猪屠宰厂和猪肉加工企业内沙门氏菌的指南.....	7
背景.....	7
公共卫生相关	7
基于科学的食品安全体系.....	9
政策背景信息	10
多重干预方法	11
屠宰前控制.....	12
屠宰前：农场饲养、圈养及生物安全措施.....	14
屠宰前：水和饲料管理.....	15
屠宰前：疫苗及噬菌体干预	16
屠宰前：活畜运输.....	18
屠宰前：入栏	19
通过卫生分割避免交叉污染	22
屠宰过程介绍	23
致晕.....	24
放血.....	25
烫洗.....	25
去毛.....	26
烧毛.....	28
蒸汽和热水吸污处理	28

抛光.....	30
用刀修剪刮毛	30
取出内脏前胴体冲洗或喷淋	31
头部清洗及去除	32
内脏处理袋隔离	33
取出内脏	33
淋巴结去除.....	34
冷却前最终冲洗、热冲洗和蒸汽巴氏杀菌	34
喷淋冷却	35
猪肉成品生产、干预及加工	37
包装、成品存储、运输及零售产品	38
运输做法	39
统计过程控制	40
参考文献	42

序言

本指南为《美国食品安全检验局有关控制出栏猪中沙门氏菌合规指南》的修订版本，基于对过往版本的意见更新，并根据科学进步修订。为提高易读性，本指南也做了一些修改，并重命名为《美国食品安全检验局有关控制猪屠宰厂和猪肉加工企业内沙门氏菌的指南》。

本指南代表美国食品安全检验局（FSIS）当前对控制猪屠宰和猪肉加工过程中沙门氏菌污染的想法，应视为在发布时可用。本指南内的信息旨在协助猪屠宰企业满足法规要求。本文件内容不具备法律效力，亦不以任何形式约束公众。本文件的目的仅为向行业清晰说明现行法规要求。根据法规，猪屠宰企业可选择执行不同于本指南所述的程序，但需验证并支持其选择的程序有效。

本指南响应小企业管理局有关根据《小企业监管执行公平法案》向小企业提供合规帮助的倡议，专注小微企业。但是，所有猪屠宰企业可采用本指南内的建议。让小微企业获得全面的科技支持以及建立安全有效的危害分析和关键控制点（HACCP）体系非常重要。虽然大企业能受益于这些企业，指南着重关注小微企业需要能帮助他们获得本无法获得的帮助。

目的

本指南包含帮助猪屠宰企业安全屠宰出栏猪，加工生猪肉制品，满足FSIS规范的信息。本文件基于最佳科学及实践考虑，探讨FSIS的最佳做法建议，基于科学文献编制。企业可选择最适合其独特场内条件、设备和工艺的最佳做法建议。企业可选择执行不同于本指南所述的程序，但证明其选择的程序能有效满足验证要求，并支持危害分析决定（[9 CFR 417.4\(a\)\(1\)](#) 和 [9 CFR 417.5\(a\)\(1\)](#)）。

企业可随时就制定本指南未提供之方案和计划，以满足HACCP监管要求，而寻求州大学推广服务专员和[HACCP联系人和协调员](#)的指导。

重新发布指南的原因

FSIS更新并重新发布本指南是为了提供及运用最新的科学支持及技术。这些更新是FSIS为提升给行业的指南及建议的有效性而持续作出的努力的一部分。更新信息涉及多重干预策略、农场及屠宰前控制、屠宰加工控制、干预、淋巴结去除、加工及包装后干预。关于猪肉块和猪肉糜产品的控制也添加到了本指南中。

较本指南前一版的变化

2023年6月1日发布的本指南为最终版本。如出现新信息，FSIS会在必要时更新本指南。

为回应上一版意见征询期内收到的意见，以及纳入补充科学信息，FSIS对本指南作出了以下修改。

此版本纳入了以下修改：

- 删除文件名及整个文件中的“合规”一词，以澄清本文件不构成监管要求；
- 增加与猪屠宰及猪肉块与猪肉糜产品加工相关的经同行评审的现行科学信息；
- 更新屠宰前干预，增加疫苗与噬菌体干预、猪栏与生物安全、水及饲料管理；
- 增加猪肉制品导致疾病爆发的历史；
- 增加FSIS数据采集和猪肉采样信息；
- 增加关于未经冷却运输最佳做法的信息；
- 增加淋巴结去除最佳做法部分；及
- 删除旋毛虫指引、新技术指引、验证指引信息，因FSIS对这些课题有专门的指引。

如何有效使用本指南

本指南旨在向用户提供最新科学信息及建议。为了使用本指南，FSIS建议读者用导航标题快速前往感兴趣的部分。超链接，如提供，可带您快速前往电子文件内正确的地方以及其他辅助文件。

文件末尾的参考文件清单列出了编制及修订本指南所用的资料（[参考文献](#)）。

关于本指南中课题的问题

如果阅读本指南后还有问题，FSIS建议您在[askFSIS](#) 数据库内搜索公开发布的“知识文章”（“公开问答”）。如果搜索后依然有问题，请通过[askFSIS](#) 向政策与项目开发（OPPD）办公室的风险管理及创新团队（RMIS）提出问题，并选择“**采样**”，或致电询问1-800-233-3935。

记录这些问题会帮助FSIS改善优化本指南的当前及未来版本，以及相关指南。

美国食品安全检验局有关控制猪屠宰厂和猪肉加工企业内沙门氏菌的指南

背景

病原菌是导致食源性疾病的常见原因，可能存在于活的动物及生肉内。猪已被识别为病原菌的储存宿主。病原菌污染可在屠宰、搬运及处理过程中，因不当搬运及屠宰加工程序卫生条件差而传递到猪肉产品上。FSIS建议企业使用各类控制措施，避免、减少或杜绝猪肉产品内的病原菌。

虽然本指南谈论出栏猪生产及沙门氏菌，但卫生屠宰、抗菌素干预、过程控制评估和验证的一般概念也适用于屠宰和其他猪类生产。卫生屠宰及其他过程控制改进可减少沙门氏菌及其他肠道细菌水平。

公共卫生相关

沙门氏菌是肠杆菌科的革兰氏阴性菌，可在温度5°C/41°F 到 45°C/113°F之间，pH 4到9之间繁殖 (Doyle and Cliver, 1990)。非伤寒沙门氏菌是导致细菌性食源性疾病的常见原因之一，每年11%的食源性疾病（约100万例）、35%的食源性疾病关联住院及28%的食源性疾病关联死亡由其导致。

每年都有关于以猪肉为载体的人食源性沙门氏菌疾病爆发的报道。1998到2015年期间，288次爆发与猪肉有关，导致6372人生病、443人住院、4人死亡 (Self *et al.*, 2017)。沙门氏菌导致的病症包括摄入后5-7天腹泻、发热和腹部痉挛。年龄较大者、孕妇、幼儿及免疫系统受到抑制者可能需要住院，甚至可能死亡。

关键定义

出栏猪指健康、年轻、个头统一的猪，重约280磅，到屠宰厂时约6个月大。

卫生分割指在屠宰过程中，企业员工及机械在卫生环境中，处理畜体及其部分，生产出清洁、安全、健康肉类食品的做法。

如表1所示，2014到2019年间，平均每年有36次疫情（总计1241个病例），其中207例与猪肉有关（美国疾病控制与预防中心国家疫情报告系统（NORS）

<https://www.cdc.gov/nors/data/dashboard/index.html>，2014–2019）。这些数据计算

确认猪肉为导致疫情的唯一食源或受污染成分的情况。表1显示很多食源性疾病爆发都是煮熟的猪肉制品导致的。因此，生猪肉成品内的沙门氏菌污染水平可能影响食源性疾病爆发次数，企业应考虑采取措施，减少屠宰和加工过程中的沙门氏菌。在6年的数据中，2015年猪肉关联的沙门氏菌病例最多，达到615例。其他信息请访问

疾病预防与控制中心（CDC）食源性疾病爆发网站：

<https://www.cdc.gov/foodsafety/outbreaks/index.html>。

每年都有关于以猪肉为载体的人食源性沙门氏菌疾病爆发的报道。

表1 2014–2019年猪肉产品导致的食源性沙门氏菌疾病爆发历史

受影响产品	年	致病生物	病例数； 州
猪肉	2014	婴儿沙门氏菌	10; Conn.
烧猪肉	2014	沙门氏菌 4,[5],12:i:-	18; Ohio
烧猪肉	2014	沙门氏菌 4,[5],12:i:-	20; N.D.
卡尼塔斯小肉	2014	布氏沙门氏菌	8; Ill.
血肠	2014	乌干达沙门氏菌	12; Calif.
猪肉	2014	阿哥纳沙门氏菌	5; Calif.
卡尼塔斯小肉	2015	沙门氏菌 4,[5],12:i:-	73; Wisc.
猪肉	2015	阿哥纳沙门氏菌	10; Minn.
猪肉	2015	沙门氏菌 4,[5],12:i:-	3; Ore.
烤猪肉	2015	鼠伤寒沙门氏菌	283; N.C.; 1 death
猪肉	2015	鼠伤寒沙门氏菌	17; Ill.
烧猪肉	2015	鼠伤寒沙门氏菌	20; R.I.
卡尼塔斯小肉	2015	姆班达卡沙门氏菌	17; Ga.
猪肉	2015	沙门氏菌 4,[5],12:i:-	192; Alaska, Calif., Idaho, Ore., Wash.
猪肉	2016	沙门氏菌 4,[5],12:i:-	2; Kansas
猪肉	2016	沙门氏菌 4,[5],12:i:-	6; Wisc.

烟熏全猪	2016	纽波特沙门氏菌	20; N.H.
烤猪肉	2016	爪哇沙门氏菌	41; Ga.
全猪, 猪肉制品	2016	黄金海岸沙门氏菌	12; Multistate
烧猪肉	2016	沙门氏菌 I 4,[5],12:i:-	15; Wash.
手撕猪肉	2017	鼠伤寒沙门氏菌	10; N.Y.
烤猪肉	2017	新港沙门氏菌	7; S.C.
猪肉玉米煎饼	2017	鼠伤寒沙门氏菌	6; Wisc.
猪肋软骨	2017	史华沙门氏菌	30; Ill.; 1 death
全猪	2017	沙门氏菌亚种 I	4; Wash.
全猪	2017	沙门氏菌亚种 I	5, Wash.
手撕猪肉	2018	鼠伤寒沙门氏菌	109; Penn.
手撕猪肉	2018	鼠伤寒沙门氏菌	35; Wisc.
手撕猪肉	2018	沙门氏菌 I 4,[5],12:i:-	24; Tenn.
猪肉	2018	伊斯特本沙门氏菌	21; Multistate
猪肉	2018	沙门氏菌 I 4,[5],12:i:-	18; Multistate
猪肉	2018	阿德莱德沙门氏菌	19; Multistate
烤猪肉	2018	沙门氏菌 I 4,[5],12:i:-	25; Tenn.
猪肉	2018	阿德莱德沙门氏菌	29; Multistate
卡尼塔斯小肉	2019	婴儿沙门氏菌	85; Ill.
猪肉	2019	培塔沙门氏菌	30; Multistate

造成人疾病的沙门氏菌爆发可能对屠宰或加工受污染猪肉的企业造成严重后果。比如，一个因食用猪肉导致的人沙门氏菌疾病的案例导致企业自愿中止经营，最终其检验许可被吊销。更多信息见[与猪肉产品有关的血清型 I 4,\[5\],12:i:肠道沙门氏菌疾病爆发, 2015-2016 \(usda.gov\)](#)。

基于科学的食物安全体系

1996年，FSIS发布了关于[病原菌减少\(PR\); 危害分析和关键控制点 \(HACCP\) 系统](#)的最终规则。最终规则要求接受联邦检验的肉类和家禽生产企业通过实施名为HACCP的基于科学的预防控制体系，在整个食品生产过程中避免及减少物理、化学和生物危害。企业必须有有效的HACCP食品安全体系，以满足关于专注控制危害以免产品掺杂的的监管要求。

政策背景信息

根据1996年PR/HACCP规则，FSIS制定了针对生肉和家禽上病原菌的食品安全执行标准，以激励行业改进食品安全及问责措施。为验证企业能控制食品安全危害，针对数类生肉产品的沙门氏菌执行标准已制定。FSIS通过开展沙门氏菌验证检测项目，即抽样并分析特定产品是否含有沙门氏菌，验证执行标准。

从2010年8月到2011年8月，FSIS在全国范围内开展了出栏猪微生物基线研究（[全国微生物基线数据采集项目：2010年8月到2011年8月出栏猪研究](#)）。FSIS设计并执行了此研究，以估计出栏猪胴体上的微生物病原菌和指示菌的阳性比例及水平（比如，沙门氏菌、大肠杆菌（*E. coli*）、肠杆菌科（*EB*）、总大肠菌群和好氧菌平板计数（APC）），作为过程控制指标。研究期间，FSIS在联邦企业的两个班次，在取出内脏前及冷却后，从屠宰的出栏猪的腹部、腿部和颊部用海绵采样。FSIS在152家企业，总计采集了3920个样本（取出内脏前1960个，冷却后1960个）。研究仅使用出栏猪，未使用经或未经阉割的公猪、野猪、烤肉用全猪和母猪。

结果表明病原菌阳性率很低，以至于维护公共卫生利益不需花费更多FSIS的资源。因此，在2011财年底，FSIS停止了沙门氏菌执行标准下的出栏猪胴体采样。

2015年，FSIS启动生猪肉产品说明性采样项目（RPPESP；[80 FR 3942](#)），采集有关猪肉产品内沙门氏菌、其他病原菌和指示微生物的数据。RPPESP包含从2015到2021年的多个阶段，与数据分析同步进行，以就未来的生猪肉产品抽样作出决定。

在采样项目的初始阶段，FSIS实验室分析了约1200个样本，并评估了抽样结果。FSIS继续收集并分析生猪肉产品沙门氏菌数据，同时设计第二阶段研究。FSIS分析确定了全国范围生猪肉产品内沙门氏菌的流行率，凸显了对此类产品采取补充病原菌减少策略的需要。沙门氏菌流行率在肉糜产品中最高，其次是完整肉块（5.3%）和不完整肉块（3.9%）（Scott *et al.*, 2020）。FSIS会继续参考这些数据制定猪肉食品安全政策。

2019年，FSIS发布了[关于猪屠宰检验现代化的最终规则\(84 FR 52300\)](#)。该规则明确所有猪屠宰企业必须在其HACCP计划中设定、执行并维护书面程序，以避免胴体及其部分被肠道致病菌、排泄物、饮食物和奶污染。另外，规则要求企业通过在取出内脏前及冷却后，或者如果是小型低产量企业，仅在冷却后，进行检测，以验证是否成功应对了肠道病原菌。

[FSIS指南：猪屠宰检验的现代化 - 制定猪屠宰企业微生物抽样计划](#)。此指南旨在帮助所有猪屠宰企业，不论猪类别，遵守新的微生物抽样及分析要求，包括最终规则内发布的适用于所有猪屠宰企业的统计过程控制信息。

多重干预方法

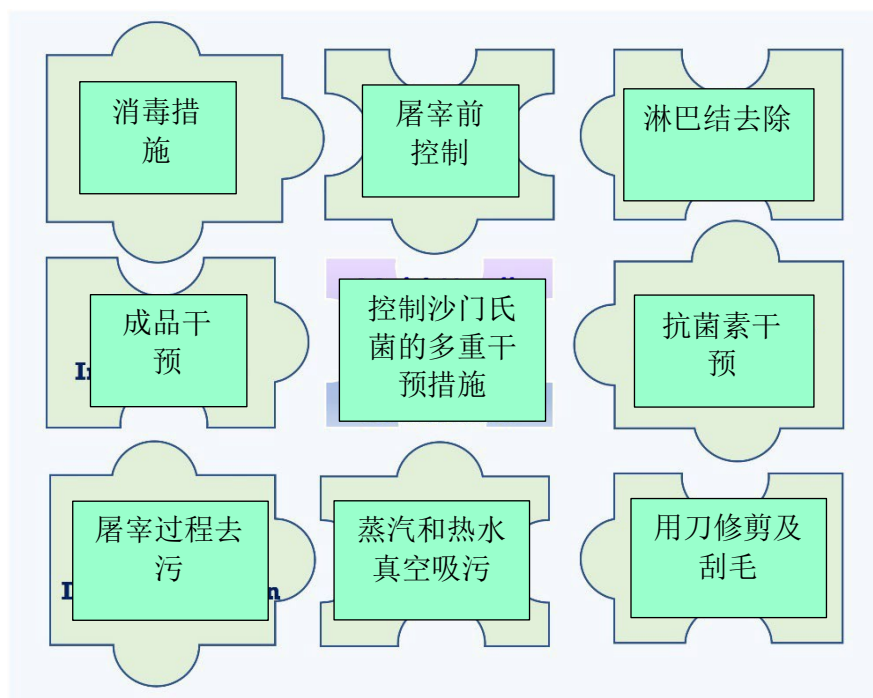
FSIS建议企业以特定方式屠宰及加工猪，以在每一步都避免、减少或杜绝污染。在整个屠宰及分割过程中关注卫生分割程序及避免污染，对猪屠宰企业避免及尽量减少作业及成品沙门氏菌风险非常重要。FSIS还建议企业在必要情况下采用去污染及抗菌素干预处理措施，以应对因屠宰过程或其他原因而对胴体的任何污染。

FSIS建议基于实操及经济上均可行的措施组合制定干预和控制策略。FSIS建议采用多重干预及控制方式，以减少沙门氏菌。采用多重方式对减少农场及屠宰厂内牲畜及成品（**图1**）中沙门氏菌至关重要。相较单一干预，多重屠宰及加工干预更有利于减少猪胴体中沙门氏菌，也更有效。此等多重措施必须由各企业，在考虑企业环境和独特条件的情况下验证，确认满足[9 CFR 417.4](#)的要求。

如《丹麦猪肉生产》杂志（Alban and Stark, 2005）所述，畜群内沙门氏菌流行率是决定胴体沙门氏菌流行率及水平的重要因素。此研究表明多重干预是降低胴体沙门氏菌流行率的最有效方式，包括高效烧毛及在抛光、取出内脏及搬运过程中减少交叉污染。另外，热水去污是企业可用于控制沙门氏菌的最具成本效益的方式（Goldbach and Alban, 2005）。

FSIS建议受监管企业重点关注屠宰前控制、有效且卫生的分割及加工控制，避免微生物污染，产生不卫生条件。企业为改善卫生分割作出改变会影响过程控制，进而产出更少受沙门氏菌等病原菌污染的生猪肉。

图1. 多重干预方式。有许多操作及经济上均可行的干预及控制策略供企业使用。采用多重方式对减少农场畜群、屠宰厂胴体及猪肉成品中的沙门氏菌很关键。此图显示了企业可考虑采用的一些选项。



屠宰前控制

FSIS建议企业和牲畜供应商紧密合作沟通，设定养殖场应针对猪生产不同环节采取的控制措施，从屠宰前沙门氏菌控制到屠宰厂。对于小微企业，和农场主及运输方沟通是了解人栏前可采取的沙门氏菌控制措施的第一步。

推荐的最佳做法：屠宰

前控制

- 控制猪舍内啮齿动物、野鸟和其他虫害。
- 制定生物安全措施。
- 控制繁殖场内猪仔混杂，减少人接触。
- 采取良好的农场卫生及死亡控制措施。
- 为畜群接种沙门氏菌疫苗。
- 将饮食管理作为沙门氏菌控制措施。
- 每次运输后对货物进行清洗消毒。

畜群层级的沙门氏菌控制对避免农场传播至关重要，包括卫生过程、饲料和水管理、活畜运输、屠宰线之前的入栏（De Busser *et al.*, 2013）。丹麦一项研究（Hurd *et al.*, 2008）衡量了猪健康与污染之间的关系。研究中，猪的整体健康基于屠宰厂发现的损伤情况评估，比如长疮的头和脱皮数量。研究结论是损伤每增加1%，污染会增加4%到5%。这种强关联意味着影响猪健康的农场牲畜管理决定会直接影响公众健康。屠宰前猪沙门氏菌阳性与屠宰后胴体受污染也有关联（Vieira-Pinto, 2006）。因此，牲畜到屠宰厂前的沙门氏菌控制是屠宰企业为减少沙门氏菌污染流入可采取的最重要控制手段之一。

一项研究发现胴体污染主要受入池的猪血清反应阳性的概率影响。此发现意味着胴体沙门氏菌污染由进场猪导致，农场沙门氏菌控制是企业应考虑纳入控制计划的重要控制手段。一项对23家工厂的调研及分析（San Roman *et al.*, 2017）识别了许多与沙门氏菌脱落关联的风险因素，包括以下状况的猪：

- 最终屠宰体重低于233磅（106公斤）；
- 来自猪数量少于1800的小农场；
- 在秋季屠宰；
- 来自缺少啮齿动物控制计划的农场；

- 来自没有员工淋浴更衣室的农场；及
- 投喂粉末而非颗粒饲料。

研究表明屠宰前控制是改善食品安全的重要做法 (Bearson *et al.*, 2017) 。企业在制定针对沙门氏菌的屠宰前管控计划前，应考虑一系列屠宰前控制及干预措施。**屠宰前控制及干预**给与企业减少沙门氏菌传播，改善进入屠宰环境的猪的状况及质量的机会。小微企业可能接触不到或无法直接与所有农场主或供应商沟通，因此无法采用本文件列出的所有最佳做法，但是建立意识，作出小改变，在可能是识别可采取的屠宰前控制措施，是重要的第一步。当企业发现FSIS检出的沙门氏菌或其自身微生物检测结果呈上升趋势时，这尤其重要。企业可通过卫生分割措施及记录、抗菌素干预过度或检测结果，发现过程控制缺失。比如，企业可决定和活畜运输队沟通，确保每次运输后对货车进行清洗消毒，减少进场活畜身上的泥土。另外，企业可找对更全面的农场到餐桌方式感兴趣的供应商和农场主喂养及生产猪肉产品，他们会愿意展开屠宰前沟通，分享农场控制信息。

屠宰前：农场饲养、圈养及生物安全措施

沙门氏菌控制从农场开始。理解并采取应对沙门氏菌传播及存活的策略是屠宰前有效控制的基础。**生物安全**指用于降低人、动物、设备或车辆将传染病传入农场的概率的程序。生物安全是一项重要措施，可帮助农场避免沙门氏菌传到猪身上，减少其流行（联合国粮农组织，世界卫生组织，2016）。

沙门氏菌，包括耐受抗菌素的菌株，可在畜舍内留存，并随着牲畜在畜舍及屠宰厂内移动而在畜群内轻易传播（Bridier et al., 2019）。控制啮齿动物及蟑螂等节肢动物的虫害能降低农场内沙门氏菌污染发生率（Andres- Barranco et al., 2014）。避免农场周围鸟类聚集也可帮助控制沙门氏菌传播到猪身上（Andres-Barranco et al., 2014）。另外，研究发现农场附近发现野生动物尸体与从畜群分离出沙门氏菌有关联（Rubini et al., 2016）。因此，通过野生动物管理避免感染传播是另一种重要的农场控制措施（Skov et al., 2008）。另一项研究发现畜舍地板、员工靴子及昆虫上发现的沙门氏菌水平高的农场内猪身上脱落沙门氏菌比例往往也高。

屠宰前：水和饲料管理

FSIS建议企业将饮食视为控制猪沙门氏菌的重要干预措施。饲料管理及用有机酸对水或饲料进行酸化也是能有效控制农场沙门氏菌传播的屠宰前控制措施（联合国粮农组织，世界卫生组织，2016）。了解并控制肠道健康可帮助提升猪对沙门氏菌的抵抗力（Argüello et al., 2019）。研究表明，一些饲料补充剂，包括丁酸钙和乳酸菌、地衣芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌等益生菌，对在农场内抑制沙门氏菌有可衡量的效果。此类饲料补充剂的效果包括减少多种沙门氏菌的脱落，避免刚断奶的猪仔生病（De Ridder et al., 2013, Liu et al., 2019, Barba-Vidal et al., 2017）。其他研究表明一些补充剂，比如酵母细胞壁，对沙门氏菌无可衡量效果（Burdick Sanchez et al., 2019）。

母猪发生沙门氏菌脱落与猪仔肠道菌群（微生物群）关联，尤其是在妊娠末期（Lariviere-Gauthier et al., 2017）。对母猪及猪仔关系的分析表明猪仔在农场沙门氏菌污染方面发挥积极作用。通过饮食控制减少母猪沙门氏菌脱落，增加猪仔初乳摄入，可帮助控制猪仔沙门氏菌流行（Casanova-Higes et al., 2019）。

关键定义

生物安全措施是生产商及加工商可用于保护牲畜及人的程序，通过避免疾病或有害生物制剂传入，并减少其传播。

屠宰前控制与干预包括本指南介绍的很多做法和措施，它们给企业减少沙门氏菌传播，改善进入屠宰环境的猪的状况及质量的机会。

另外，FSIS建议企业评估并考虑水的环境及微生物学质量。2003年的分析发现33.3%的猪饮用水样本受到沙门氏菌污染（Hurd *et al.*, 2003）。研究表明往水中添加有机酸添加剂效果有限，除非在农场沙门氏菌感染发生前（Arguello *et al.*, 2013; De Busser *et al.*, 2013）。添加益生菌（直接饲喂的微生物）到水中可减少排泄物脱落，进而避免沙门氏菌脱落；然而，这种添加剂并不去除猪体内沙门氏菌孳生（Walsh *et al.*, 2012）。

屠宰前：疫苗及噬菌体干预

沙门氏菌在猪生产中广泛存在。疫苗接种是猪生产商可用于控制畜群沙门氏菌流行的重要措施。生产商面临的一大挑战是理解生产中沙门氏菌血清型的多样性，以制定最有效的疫苗接种策略。研究表明疫苗接种可用于控制临床疾病，同时减少畜群内沙门氏菌脱落。如上所述，FSIS建议屠宰企业和牲畜供应商建立关系，坦诚沟通，制定减少进场畜群感染和脱落的措施。

研究表明接种减毒疫苗会减少猪之间的鼠伤寒沙门氏菌传播（De Ridder *et al.*, 2013）。在实验性感染鼠伤寒沙门氏菌或接种鼠伤寒沙门氏菌灭活疫苗后，猪体内会产生不同的抗体，因此受感染及接种过疫苗的猪能被区分开来（Gebauer *et al.*, 2016）。接种鼠伤寒沙门氏菌减毒疫苗，并用猪霍乱沙门菌灭活疫苗加强，比单独接种猪霍乱沙门菌灭活疫苗能更有效地限制猪霍乱沙门菌感染（Alborali *et al.*, 2017）。减毒鼠伤寒沙门氏菌疫苗避免猪因猪霍乱沙门菌导致的系统性疾病，减少环境中的细菌脱落，限制传播，改善食品安全（Bearson *et al.*, 2017）。另一项研究发现母猪和猪仔，母猪和育肥猪，或猪仔单独接种鼠伤寒沙门氏菌减毒疫苗会减少猪屠体上沙门氏菌流行率，但直到第二生产周期才会发生（Peeters *et al.*, 2020）。

多项实验室取得了可喜的成果，继续促进疫苗接种计划执行。虽然尚未用猪进行实验，但在鼠模型中，鼠伤寒沙门氏菌减毒活疫苗成功起到了对鼠伤寒沙门氏菌强毒株的致命口服激发的保护作用。另外，减毒菌株被轻松地从环境中消除了，因其无法形成菌膜，不能在脱水条件下生存 (Latasa *et al.*, 2016)。鼠接种鼠伤寒沙门氏菌减毒活突变株对胞内劳森菌和沙门氏菌病导致的猪增生性肠炎有效，能提供双重保护作用 (Park *et al.*, 2019)。随着研究扩大，以及更多生产商采用疫苗控制农场沙门氏菌，猪疫苗的推广持续改善。

噬菌体（或“抗菌素”）是能感染并杀死沙门氏菌等细菌的病毒。噬菌体自我复制且自限，因为它仅在有细菌时才繁殖。噬菌体也仅对特定菌种或菌株有效，准确瞄准单个菌群，可在市场上买到，且很多一般都被认为安全 (GRAS)。如欲了解更多关于GRAS状态的信息，请访问[美国农业部针对兽医生物制剂的动植物健康检验服务中心](#)、[FDA GRAS通知计划](#)和[FSIS指令7120.1](#)。这些噬菌体能直接减少食品及物品表面的细菌水平，加强多重控制方式，改善沙门氏菌控制及食品安全 (Moye *et al.*, 2018)。因此，这些特征令噬菌体成为了对猪体内沙门氏菌非常有用的干预手段。噬菌体可注射到活猪体内，或通过饲料及水添加剂摄入。大部分噬菌体的使用能起到减少细菌1-3 log的效果，能带来显著的健康和食品安全益处 (Moye, *et al.*, 2018)。

在猪挑战研究中，噬菌体有效控制了沙门氏菌，可能成为抗生素的替代品 (Seo *et al.*, 2018)；然而，此方面研发还在进行中。当前，噬菌体能有效商用的证据尚有限。在耐第三代头孢菌素的沙门氏菌分离株中，P1科噬菌体帮助检出及传播病原菌对抗菌素的耐药性 (Yang *et al.*, 2018)。

噬菌体混合物指多种噬菌体混合成一次用量，各噬菌体针对不同的病原菌，可用于控制各类食源性病原菌。用于检测食物内特定病原菌的报告噬菌体系统已开发出来，即噬菌

关键定义

Log (对数) 减少是描述产品病原菌有效减少的数学术语。减少1个对数意味着病原菌减少90%。

比如，减少2个log指产品内病原菌减少99%，3 log指病原菌减少99.9%。沙门氏菌及其他肠道细菌log减少是重要的过程控制措施。

体得到“基因编程”，以表达能轻易检出的物质 (Bai *et al.*, 2016)。对受鼠伤寒沙门氏菌感染的年轻猪给药噬菌体混合物可将其扁桃体、回肠和盲肠内的沙门氏菌定植减少 2-3个log (99%)。混合物也可装入微型胶囊中，随饲料或水一起投喂 (Wall *et al.*, 2010)。剖检发现，较对照组，噬菌体处理减少了接种过疫苗的猪体内的肠道鼠伤寒沙门氏菌 (Callaway *et al.*, 2011)。

除了用于控制活猪感染沙门氏菌外，噬菌体也可作其他用途，比如食物准备台面去污 (Woolston *et al.*, 2013)、直接去除食品内的沙门氏菌。一项测试评估了6种针对沙门氏菌的噬菌体混合物减少食品加工企业内常见台面，比如不锈钢和玻璃，上沙门氏菌水平的能力。噬菌体显著降低了所有受检测表面上易受到影响的沙门氏菌株 (Woolston *et al.*, 2013)。

屠宰前：活畜运输

众所周知，活畜运到屠宰厂过程中的紧张会影响猪体内生理和生化过程 (Benjamin, 2005)。紧张被认为会影响动物的肠道细菌生态及免疫力，导致肠道沙门氏菌脱落增加 (Hurd *et al.*, 2003)。

农场环境因素对沙门氏菌传播有重要影响 (Funk *et al.*, 2001b)，包括生物安全及环境因素导致的脱落增加 (Funk *et al.*, 2001a)。两次运输不同来源的牲畜之间未清洗货车，导致牲畜在运输途中暴露于沙门氏菌后快速被感染，这是猪沙门氏菌流行升高的主要原因 (Hurd *et al.*, 2002)。研究表明，屠宰后获得的分离株血清型多样性较农场来剖检的同圈牲畜分离株的高 (Hurd *et al.*, 2005)。这种多样性提高意味着猪在离开农场后，可能暴露于新的沙门氏菌源。FSIS不建议混合运输不同猪群 (Boes *et al.*, 2001)。

研究表明养猪场及屠宰厂内常被忽视的地方容易孳生沙门氏菌。用货车运往屠宰厂的活畜在出发前沙门氏菌流行率为56%，抵达时升高到了72% (Henry *et al.*, 2018)。货车挡泥板、车厢垫子及将猪从繁殖场运到育成猪棚的货车地板上也发现了沙门氏菌。因此，对拖车进行清洁消毒对于避免交叉污染至关重要 (Henry *et al.*, 2018; Dorr *et al.*, 2009)。每次装运后对拖车进行清洗消毒可显著降低沙门氏菌水平，及其通过受污染拖车及垫子传播的可能性。FSIS建议屠宰企业与供应商保持坦诚沟通，确保采用清洁消毒程序，减少进入屠宰厂的沙门氏菌，在入栏时导致孳生问题。

屠宰前：入栏

屠宰厂环境微生物污染可能始于沙门氏菌阳性猪的送达。但是，重要科学证据表明，猪在入栏过程中暴露于沙门氏菌。入栏指为运输到或本就在屠宰厂的牲畜提供住宿。它包括卸货区及滑道、驱赶道、候宰栏。知晓潜在污染区有助于在屠宰期间强化减少沙门氏菌。研究还表明改善屠宰前卫生条件可减少沙门氏菌水平。FSIS鼓励行业进一步研究，制定控制及减少猪屠宰厂沙门氏菌传播的解决方案，尤其关注入栏控制。

科学研究表明，入栏对沙门氏菌传播而言是重要因素。入栏污染可能导致猪排泄物、盲肠内容物及肠系膜淋巴结污染 (Dorr *et al.*, 2009) 。一项对猪屠宰加工的研究发现入栏时采取预防性措施是企业避免交叉污染以及快速感染最具成本效益的措施 (Van der Gaag *et al.*, 2004) 。长期运输及栏内待宰可能诱发受感染猪沙门氏菌脱落 (Alban and Stark, 2005) 。

多项研究提供了对屠宰前入栏期间沙门氏菌生态的理解 (Hurd *et al.*, 2001a, b; Hurd *et al.*, 2002; Hurd *et al.*, 2003) ，具体如下：

- 猪体内开始受沙门氏菌污染 (Hurd *et al.*, 2001a) ；
- 待宰栏表面污染反映场内作业质量，可能不是衡量屠宰前流行率的有效手段 (Hurd *et al.*, 2001b) ；及
- 待宰期间出现快速感染意味着待宰栏是屠宰前猪肉生产链上重要的沙门氏菌控制点 (Hurd *et al.*, 2003) 。

FSIS建议企业在入栏时采用各种预防措施，避免及减少进场猪群之间沙门氏菌传播，包括减少猪待宰的时间（Hurd, 2001b）、避免栏内过度拥挤（Hurd, 2001a, b）。各批次猪之间清洁消毒已被证明能有效减少待宰猪中沙门氏菌水平。然而，FSIS建议采用补充控制措施，因为后续用同一待宰栏的猪感染率高，而啮齿动物的存在会导致不同批次猪之间的病原菌传递（Martelli *et al.*, 2017）。企业需在栏内提供清水，以满足人道处理要求（[9 CFR 313.2\(e\)](#)）。最佳做法还包括如不使用自动饮水器，猪群更替时换水，尽量减少交叉污染（Rostagno *et al.*, 2003）。保持栏内条件良好对避免伤害牲畜，遵守[9 CFR 313.1](#)下的监管要求很必要。清洁消毒还可避免栏内微生物孳生。漏缝、倾斜或高架地板可减少有利于沙门氏菌传播的积水。另外，企业最务实的做法是在畜栏和通道清空时，对其进行清洁消毒。

隔离沙门氏菌阳性的畜群，在每日生产结束时加工是避免畜群间沙门氏菌传播的重要控制措施（Alban and Stark, 2005; Berriman *et al.*, 2013; Boes *et al.*, 2001）。企业应避免畜群在栏内混杂（Borch, 1996; Alban and Stark, 2005）。FSIS还建议企业在畜群更替时对畜栏和通道进行消毒，先用季铵盐溶液，然后用有效的清洁剂和杀菌剂，比如含氯碱性洗涤剂（Dehalle *et al.*, 2008）。企业可选用的清洁剂和杀菌剂有许多。企业应根据其食品安全计划的独特特性以及可获得的支持选择。屠宰厂可能长期存在沙门氏

入栏沙门氏菌控制措施

- 尽量减少猪在待宰栏的时间。
 - 待宰期间避免过度拥挤。
 - 保证待宰栏水新鲜，猪群更替时换水。
 - 栏内使用漏缝、倾斜或高架地板，以减少废物及水积累。
 - 保持栏内条件良好，避免伤害牲畜。
 - 避免畜群混杂。
 - 畜群更替时用有效的清洁剂和消毒剂对畜栏和通道进行消毒。
 - 保证清洗猪，病让猪充分干燥，以免击晕时滴水。
- 隔离沙门氏菌阳性的畜群，在生产日结束时加工。

菌定植，包括耐抗菌素的菌株，因为活畜在整个过程中会移动。清洁消毒程序能减少畜栏内沙门氏菌流行，但是，仅彻底清洁是不够的。如可行，动物入栏前先让已清洁并消毒的畜栏干燥，这能更有效地减少微生物污染水平 (Boughton *et al.*, 2007)。一项研究表明，先用清洁剂清洁，后用氯甲酚基消毒剂消毒，然后干燥24-48小时，这种多步骤方式是去除栏内沙门氏菌流行的最成功方式 (Walia *et al.*, 2017)。另一项研究则发现屠宰厂清洁消毒程序不会导致抗生素敏感性改变，但会改变屠宰厂内存活的细菌类别 (Bridier *et al.*, 2019)。因此，除待宰栏清洁消毒外，农场沙门氏菌控制也很重要。

适当时，栏内喷淋也是确保猪洗净的重要措施。FSIS建议企业根据天气情况，在适当时用栏内喷淋，因为寒冷及结冰天气可能产生动物福利问题。进入屠宰厂的猪的清洁度影响胴体的最终微生物状态；因此，屠宰前清洗及采取其他控制措施对于减少整个屠宰过程中的沙门氏菌很重要 (Letellier *et al.*, 2009)。另外，FSIS建议让猪充分干燥，以免击晕时滴水；如滴水，水汽可能导致屠宰过程中交叉污染。

研究表明空气细菌污染可从畜栏传播到屠宰间、洁净室和冷却室；因此，FSIS建议企业注意利用技术和设备，限制过度喷淋及气溶胶化 (Kotula and Emswiler-Rose, 1988; Rahkio and Korkeala, 1997; Pearce *et al.*, 2006)。企业应通过保证充分通风，控制气流，将严重受污染区（比如宰杀线）与低污染区分开，从而最小化空气污染 (Bolton *et al.*, 2002b)。

仅在屠宰前采取措施不足以减少胴体沙门氏菌。FSIS建议企业还采取屠宰控制措施，减少猪胴体沙门氏菌流行 (联合国粮农组织，世界卫生组织，2016)。

通过卫生分割避免交叉污染

当病原菌在场内普遍存在，附着于胴体、部分及与肉接触的表面上时，会发生交叉污染。研究表明屠宰厂内的空气细菌污染水平可高达 $3.5 \log_{10} \text{CFU/m}^3$ (Bolton *et al.*, 2002b)。并且，沙门氏菌可在温度 $24^\circ\text{C}/75.2^\circ\text{F}$ ，湿度75%下，在气溶胶中生存超过24小时 (McDermid and Lever, 1996)。环境内的这些正相关意味着受污染的空气可能成为胴体污染源。企业可采取适当措施，减少待宰活畜的脏污气溶胶化，避免部分分割的动物彼此接触，以及与受污染的设备和工具接触，进而应对空气污染物问题。企业还可以在屠宰及分割过程中，限制水及其他液体的飞溅。

企业应关注有关污染避免的过程控制，以遵守[9 CFR 310.18\(c\)](#)。此法规要求所有猪屠宰厂在其HACCP体系（HACCP计划、卫生标准作业程序或前提方案）中制定、执行并维护书面程序，在整个屠宰及分割过程中，避免胴体及其部分被肠道病原菌、排泄物、饮食物和奶污染。如[FSIS指令6100.2：解剖后牲畜检查](#)所述，FSIS检验员会执行解剖后检查。FSIS验证企业是否按照[9 CFR 310.18\(c\)](#)要求，在整个屠宰和分割过程中，有效避免猪胴体及其部分污染。按照[FSIS指令6410.4：验证猪屠宰企业是否为避免胴体及其部分受肠道病原菌污染而维持足够的程序](#)所述，FSIS检验员还验证企业是否满足记录留存要求。根据[关于猪屠宰检验现代化的最终规则\(84 FR52300\)](#)，[9 CFR 310.18\(c\)](#)和(d)的要求适用于所有猪屠宰企业。

[9 CFR 416.3](#) 要求企业维持设备及器皿卫生，以免掺杂。FSIS建议企业使用适当的设备，并按照设计方式布置，避免胴体及其部分交叉污染。企业应使用易于每天或按照避免不卫生状况所需的频率充分清洁消毒的设备。企业应确保功能齐全的实验室位置合理，屠宰车间策略性地布置了洗手和消毒装置，以满足[9 CFR part 416](#)的要求。

关键点

避免交叉污染

- 通过有效通风及气流控制，尽量减少空气污染。
- 设备及工具消毒。
- 强制员工洗手，避免加工过程中污染。
- 将加工区、洗手设施、洗手间和更衣换鞋区分开。
- 在“脏污”和“清洁”工序之间用墙壁及其他隔离结构，以最大化活动之间的空间分割。

交叉污染占猪胴体污染约30% (Botteldoorn *et al.*, 2003) 。屠宰企业可通过以减少污染及交叉污染的方式作业，减少病原菌流行。比如，研究表明棍刀和胴体分割设备沙门氏菌检测阳性，可能是交叉污染源 (Botteldoorn *et al.*, 2003) 。企业可通过在分割及对设备和手工工具的例行清洁和消毒过程中充分隔离胴体、其部位及内脏，去除或减少污染。良好的卫生分割做法一般需要在各胴体加工间对设备进行消毒。

在整个屠宰过程的各步骤对屠宰厂设备进行卫生维护，采取良好的屠宰做法，对设备及材料进行有效的清洗消毒对减少沙门氏菌污染至关重要。如在屠宰及加工过程中未能维持卫生条件，部分阶段微生物总量明显减少可能被后续阶段的交叉污染或再污染抵消。

企业应有程序应对主要的交叉污染途径，包括：

- 物理或机械破坏导致的气载浮游细菌；
- 受污染液体溅出导致墙壁或地板受污染；
- 通过设备、手和服装接触脏污表面；和
- 胴体、其部位及内脏接触，未充分隔离。

屠宰过程介绍

在屠宰、分割及加工的过程中持续监测企业采取的控制措施是确定过程控制是否实现的方式之一。采样是评估过程控制有效性的另一种方式。根据本指南提供的信息适当更改企业作业方式应能减少屠宰步骤的沙门氏菌水平。

美国两家大型商用猪肉加工厂接受了猪胴体沙门氏菌检测。检测发现胴体在不同阶段都有沙门氏菌：烫洗前 (91.2%) ，取出内脏前 (19.1%) ，冷却后 (3.7%) (Schmidt *et al.*, 2012) 。肠杆菌科和沙门氏菌属污染水平在8个加工步骤后检测，

包括击晕、放血、烫洗、烧毛、抛光、内脏取出、终检及冷却。结果表明烫洗和烧毛导致活菌总数下降；相反，所有其他加工步骤导致活菌总数增加（Wheatley *et al.*, 2014）。与食品安全及腐坏相关的微生物污染在猪屠宰、分割和加工的不同步骤表现相似的污染模式（Zwirzitz *et al.*, 2019）。这些研究支持在整个屠宰过程中使用多重干预方式控制沙门氏菌，并且需要在每一步执行监测程序，评估干预的有效性。各企业应验证各干预的有效性（[9 CFR 417.4](#)）。更多关于验证的信息见[FSIS HACCP系统指南](#)。

如[新猪检验系统HACCP模型 \(NSIS\)](#)所述，FSIS也在设计HACCP计划时，向企业提供指引。

致晕

符合FSIS规范的猪致晕方式有几种，包括二氧化碳（CO₂）（[9 CFR 313.5](#)）、击晕棒（[9 CFR 313.15](#)）、枪击（[9 CFR 313.16](#)）和电击（[9 CFR 313.30](#)）。这些方式必须立即让牲畜失去意识，对疼痛无知觉。企业需要采取合适的致晕方式，以符合《人道宰杀法案》。致晕也可能影响肉质，包括颜色、嫩度、保水能力（Rosenvold and Andersen, 2003）。CO₂和电气麻醉致晕方式对胴体微生物状态无影响（Dehale *et al.*, 2008）。击晕棒致晕一般不会影响沙门氏菌流行，但尚无有关使用此方式时沙门氏菌流行情况的研究。

关键点

基本卫生措施

- 畜栏内充分维持卫生。
- 保证挂钩上各胴体之间，各部位及内脏在分割期间，充分且卫生地隔开。
- 定期对用于在开膛前准备胴体的设备和手持工具进行清洁消毒，切入胴体后去掉可视污染。
- 设计并布置设备，避免连续的胴体及胴体部位和受污染设备接触。
- 经常洗与胴体接触的手和围裙。
- 用适当的关键操作参数，执行去污和抗菌素干预。

放血

放血过程导致墙壁和地板上累积大量体液、排泄物和脏污，是常见的交叉污染源。放血后受沙门氏菌污染的胴体比例上升 (Bolton *et al.*, 2002b)。FSIS建议企业注意避免胴体接触地板，因为地板是病原菌源，包括沙门氏菌 (Mafu *et al.*, 1989; Hald, 1999)。

FSIS建议处理完每个胴体后对刀消毒；研究表明棍刀会检出沙门氏菌阳性，可能成为交叉污染源 (Botteldoorn *et al.*, 2003)。并且，刀具使用效率及控制对避免切口过深很重要。切口过深可能穿透口咽，或可能让烫洗水和沙门氏菌等病原菌进入胸腔。

烫洗

FSIS建议企业基于猪种类、季节及所用设备，决定并支持适当的烫洗温度和时长。一项研究表明，猪的清洁度和烫洗水状况是与屠宰完成时胴体上沙门氏菌有关联的重要因素。另一项研究表明烫洗水池温度不足会导致细菌污染增加 (Gracey, 2015)。将猪拖过温度维持至少60°C/140°F的烫洗水池能将细菌总数降低多达4-log。用61°C/142°F或更高温度的水烫洗至少8分钟可能充分减少细菌，如果烫洗时长足够 (Bolton *et al.*, 2002b; Hald, 1999)。研究证明控制并监测时间和温度能可靠地减少胴体污染风险，以及沙门氏菌在猪肉成品中的传播 (Bolton *et al.*, 2003)。在小微企业，烫洗和去毛常常同一步执行。FSIS建议水温高于62°C/144°F，以保证水中和胴体上的沙门氏菌及其他细菌在烫洗过程中被消灭 (Hald, 1999; Davies *et al.*, 1999; Mafu *et al.*, 1989)。

用蒸汽垂直烫洗时烫洗隧道温度维持最低61°C/141.8°F，持续6-7分钟，可消除胴体与烫洗池内受污染水接触相关污染问题。垂直烫洗技术既有烫洗的优势，又杜绝了烫洗水通过伤口污染肉的可能性。垂直烫洗还减少肺部细菌污染，降低肌肉变性以及变得苍白、柔软、渗液的概率。另外，肉的内部温度不超过41°C/105°F (Gracey, 2015)。垂直蒸汽烫洗可减少用水及运营成本，因为来自蒸汽道内的冷凝器的水也可供去毛机使用。

FSIS建议企业采取以下步骤，确保烫洗水温度正确，尽量减少污染：

- 从直肠排出粪便，或采用内脏处理袋（绕卷）；
- 烫洗前清洗排出的胴体；
- 确保烫洗器容易清洁，状况良好，及时得到维修，以维持卫生条件；
- 维持清洁水供应。至少每天更换烫洗水，避免有机物积累；
- 至少每天排空并清洗烫洗器，尤其注意池内部焊点及毛糙划破的区域，确保有效清洁；
- 作业之前及期间均从烫洗器及去毛机中去除毛发和有机物，并避免积累；
- 控制设施内凝结液滴，以维持卫生条件；
- 确保水再循环不导致毛发和残留物累积，且不影响温度控制；
- 采用逆流应用，即新鲜或再循环的烫洗水以与胴体相反的方向流入烫洗机，以提升加热效率和水清洁度；
- 添加防沫剂到烫洗水中，以减少水系统内泡沫中有机物积累；和
- 100°C/212°F温度下用持续供应的清洁蒸汽垂直烫洗，避免有机物积累。

去毛

到去毛机去毛前，胴体一般会经过烫洗池，使毛变松。去毛机常常用高速、金属头橡胶棒将胴体上的脱掉。去毛的过程会扰动胴体皮肤上的脏污、病原菌和其他污染物。这可能导致肛门漏出排泄物，以及吐出胃内容物。因此，设备受到污染，进而造成胴体交叉污染。去毛设备是主要的细菌污染源（Davies *et al.*, 1999; Gill and Bryant, 1993; Gill and Jones, 1995; Morgan *et al.*, 1987; Yu *et al.*, 1999; 食品冷藏与加工工程研究中心 2007），屠宰开始后3小时，去毛设备内的细菌数量会达到4.42到6.2-log。去毛机内的

污染一般是去毛过程中从内脏处理袋排出的排泄物导致。为避免排泄物污染去毛设备，也为了避免交叉污染，企业应将塑料塞插入肛门（Morgan *et al.*, 1987）。塞肛门能有效避免加工过程中排泄物漏出。另外，还建议烫洗及去毛前清洗肛门，以进一步减少污染（Purnell *et al.*, 2010）。

FSIS建议企业采取措施，确保去毛高效。取决于所用设备类型，一些最佳做法用于：

- 定期清洁消毒去毛设备；
- 每天生产结束时，用水或消毒剂彻底清洁，去掉去毛设备内的所有有机物和残渣（Bolton *et al.*, 2002）；
- 如水未经化学处理，则去毛机内使用温度控制在60°C–62°C/140°F–144°F的热水（7 ICMSF, 199）；
- 去毛前采取措施，避免粪便排出（Bolton *et al.*, 2002b）；
- 如去毛后胴体因排出粪便而受到污染，吊挂及再挂前执行清洁程序；
- 避免切透皮肤，减少细菌进入胴体；及
- 用非常锋利的刀人工剃毛。

研究表明，虽然这些步骤很重要，但是如果消毒剂因设备设计不佳而未触及所有区域，清洁消毒可能无效。FSIS建议企业确保设备可清洁消毒，以满足[9 CFR 416.3](#)。一些企业可能发现整个生产过程都采用原地清洗系统（CIP）有益，因为可持续进行；但是，这种系统需要较大投资及合适的设备。FSIS建议企业采用多重干预方式（[多重干预方法](#)），因为在热水清洗胴体的同时，采用抗菌素干预可减少病原菌数量，而仅清洗的效力可能因后续加工步骤的再污染被抑制。

沙门氏菌也在去毛和取出内脏作业位置采集的空气样本中发现 (Pearce *et al.*, 2006) 。并且, 沙门氏菌可在温度24°C/75.2°F, 湿度75%条件下, 在气溶胶中存活超过24小时 (McDermid and Lever, 1996) 。爱尔兰一项研究发现屠宰企业内空气沙门氏菌导致的

关键定义

关键作业参数是为保证干预有效, 而在执行干预时必须满足的特定条件。

这可能包括化学品浓度、应用时长、pH、温度、压力、接触时间、产品范围、空间配置、设备设施或校准。

胴体污染可忽略, 尽管研究对象企业空气沙门氏菌存在是偶发的 (Okraszewska-Lasica *et al.*, 2014) 。FSIS建议企业应确保内部充分透气, 控制好气流, 将高水平污染区 (比如宰杀线) 和低水平污染区 (比如冷却器) 分开, 从而尽量减少污染 (Bolton *et al.*, 2002b) 。

烧毛

烧毛是减少猪胴体上包括沙门氏菌在内的微生物污染的关键步骤 (Saide-Albornoz *et al.*, 1995; Bolton *et al.*, 2002; Pearce *et al.*, 2004; Alban and Stark, 2005; James *et al.*, 2007) 。烧毛可非常有效地去除胴体上的沙门氏菌。各类研究表明烧毛可实现总微生物数量减少2.5–3.0 $\log_{10}$ CFU/cm², 沙门氏菌从7%减少到0% (Pearce *et al.*, 2004) 。单次烧毛可令APC减少2.2–2.5 $\log_{10}$ CFU/cm² (Dehalle *et al.*, 2008) , 尽管部分细菌可能在基部和耳朵内的毛囊和皮肤皱襞中继续存活。企业应注意, 这些区域可能在后续加工步骤, 比如抛光, 成为污染源。FSIS建议不烧毛而通过剥皮去皮和毛的企业高频率对刀消毒。

蒸汽和热水吸污处理

猪肉生产企业应利用热水、蒸汽巴氏杀菌、有机酸洗在过程各阶段控制沙门氏菌, 避免其生长。这些干预的有效性取决于所采用的特性关键作业参数, 包括水温、水压、时

长和化学品浓度。沙门氏菌流行变化与对猪胴体的清洗、喷洒和蒸汽去污有关；但是，无可靠证据表明一种干预较其他更有效 (Totton *et al.*, 2016) 。胴体污染及肉表面附着的细菌初始水平也可能影响干预有效性。可使用自动喷淋柜或手持喷淋器，但请记住，干预有效性取决于所采用的关键操作参数，且采用干预的企业需要适当的科学支持。如上所述，FSIS建议企业采用多重干预方法 ([多重干预方法](#))，减少整个过程中的胴体污染，以免干预措施的效果被进入的细菌量压过。

冷却前热水清洗及蒸汽巴氏杀菌可有效减少胴体上的沙门氏菌污染。热水去污，即用 80°C/176°F 的热水喷淋各胴体 12-15 秒，可将大肠杆菌和沙门氏菌减少超过 2-log (Alban and Sorenson, 2010) 。

猪胴体表面有很多孔。消毒溶液可能无法进入皮肤上的孔，因为表面张力会阻止液体进入孔内。但是，真空吸污可从胴体孔内吸出空气和水分，如果使用蒸汽，可轻易杀死细菌。研究表明，真空吸污及蒸汽杀菌过程可减少病原菌数量 1.0–2.0 log (Kozempel *et al.*, 2003) 。另外，一项研究表明热蒸气加上乳酸溶液喷淋可减少表面微生物数量，减缓存储期间微生物生长 (Pipek *et al.*, 2006) 。

蒸汽和热水真空吸污是重要的除污程序，可在屠宰及加工过程的不同时点使用。这种处理可用于延长保质期，提升猪胴体安全性 (Pipek *et al.*, 2006) 。研究表明，小微企业可使用家用蒸汽清洁机有效减少猪胴体上的沙门氏菌和细菌种群。这种方式具有成本效益，且易于采用。

FSIS建议企业采取以下措施，确保蒸汽及热水真空吸污高效：

- 使用适当类型的喷嘴，以及适当的温度和压力 (Pipek *et al.*, 2006) ；
- 用 35°C/90–95°F 蒸汽，从悬挂胴体的顶部（后腿）到底部（头）进行真空吸污；
及
- 定期高频率清洁设备。

抛光

关键点

抛光是烧毛后猪胴体再污染的主要模式。

抛光机必须每天彻底清洁。

抛光时避免用过多水，以减少微生物污染在胴体上的扩散。

烫洗及烧毛能很大程度上减少猪皮上的细菌，但是，当胴体通过去毛及抛光设备时，常常受到再污染 (Yu *et al.*, 1999)。抛光机是用于去掉胴体上松散的毛发及烟灰，让胴体看起来更干净的工具。通过烧毛减少微生物后，抛光是猪胴体再污染的主要模式 (James *et al.*, 2007; Bolton *et al.*, 2002b; Snijders *et al.*, 1984; Gill *et al.*, 1995; Hald, 1999; Hald *et al.*, 2003)。抛光会令胴体看起来更清洁，但是它同时也是经常导致污染的操作，因为烧毛后皮肤皱褶、耳朵、毛囊内残留的细菌可能因抛光而再散布到胴体上 (Channon, 2014)。残留的细菌会被抛光时所用的不锈钢刮刀或尼龙刷机械地散播 (Delhalle *et al.*, 2008)。

抛光机上的鞭子难以清洁，滞留的细菌可能形成菌膜。屠宰过程中抛光机上细菌积累可能导致后续细菌传播到胴体表面 (Yu *et al.*, 1999)。因此，FSIS建议彻底清洁抛光机，避免细菌定植及繁殖到高水平 (Borch *et al.*, 1996; Huis in't Veld, 1992)。为了减少胴体污染，遵守[9 CFR 416.3](#)，FSIS建议企业清洁消毒抛光设备，减少猪肉成品上沙门氏菌污染及流行 (Hald *et al.*, 2003)。

抛光被排泄物污染的胴体可能令微生物污染不可见，令其在后续目视检查中无法被发现。研究发现，抛光时过度用水会增加胴体上可能存在的微生物污染。因此，FSIS建议抛光后再做一次烧毛，以减少细菌总数 (Spescha *et al.*, 2006; Dehalle *et al.*, 2008; Zwirzitz *et al.*, 2019)。

用刀修剪刮毛

对胴体实行取出内脏前冲洗或喷淋前，企业应根据[9 CFR 310.18\(a\)](#)，去除可见的排泄物污染。如无法进行蒸汽或热水真空吸污，可用刀修剪去除排泄物污染及其他可见污染。用刀修剪会减少微生物污染，如若不然则会在烧毛后因清洗而被稀释传播。

研究表明，刀具和鞋上的微生物污染、消化道破裂处数、机械问题或其他可能提高胴体彼此接触可能性的因素（屠宰过程中常见的搬运和交叉污染点）与胴体上沙门氏菌流行关联很大（Botteldoorn *et al.*, 2003; Letellier *et al.*, 2009）。事实上，Letellier *et al.*的研究表明切开腹腔后清洗刀具的频率降低会导致胴体污染增加。企业可增加水温及浸泡时间，以显著减少细菌。现有文献向企业提供了数个选项，供企业基于其工艺选择。刀具浸入70°C/158°F、75°C/167°F和80°C/176°F水中超过10秒起到的灭菌效果较短暂浸入82°C/180°F水的相当或更好（Goulter *et al.*, 2008）。FSIS建议企业确保员工浸泡刀具足够长时间，或提供多把刀供员工在切割时轮换使用，以尽量减少微生物交叉污染。FSIS建议刀具轮换使用，以允许刀具浸泡在杀菌溶液中至少30秒（Tapp *et al.*, 2013）。FSIS还建议企业监测热水浴温度，以维持最高灭菌水平。研究表明，环境温度下用200 ppm季铵盐、200 ppm氯和5%乳酸能起到最佳沙门氏菌减少效果（Tapp *et al.*, 2013）。刀上的有机残留会降低任何杀菌剂的有效性，因此，FSIS建议企业确保必要时去除有机残留。FSIS还建议根据生产商建议，更换杀菌溶液，起到最佳沙门氏菌减少效果。

刀鞘和磨刀棒很容易在屠宰过程中成为微生物污染源。因此，FSIS建议仅为安全地在存储点与员工工位间运输刀具而使用刀鞘。每次使用完后道具应浸泡在消毒溶液中。另外，FSIS建议每次刀与磨刀棒接触后，视需要对刀消毒，并以卫生方式存放，比如挂在工位容易去用的钩子上，不得存放在洗手盆中，也不得挂在员工的皮带上，否则可能与靴子或其他不卫生表面接触（Gracey, 2015）。

取出内脏前胴体冲洗或喷淋

可用于取出内脏前冲洗或喷淋的适当化合物详见[FSIS指令7120.1](#)。有机酸洗可有效减少猪胴体上的沙门氏菌流行。有机酸喷淋可减少沙门氏菌量 (Epling *et al.*, 1993) 。胴体清洗后涂抹有机酸可减少细菌量；但是，一项研究表明其带来的减少与仅热水清洗在统计学上无差异 (Eggenberger-Solorzano *et al.*, 2002) 。用热水和酸化亚氯酸钠处理胴体可减少沙门氏菌和大肠杆菌 (Hamilton *et al.*, 2010) 。

进行取出内脏前胴体冲洗和喷淋的最佳做法包括：

- 胴体入舱前，去除开放的脓疮、脓毒性瘀伤、寄生虫和寄生虫病变；
- 如果利用压力喷淋胴体，则监测压力，避免将微生物污染冲到组织内；
- 定期监测浓度及温度，验证有效性；
- 考虑使用带多个喷嘴的不锈钢舱，确保对胴体全覆盖；
- 用手持喷淋器喷洒抗菌素时，确保全覆盖胴体；
- 验证设备使用方式可避免交叉污染相邻胴体；
- 避免胴体互相接触；和
- 考虑在取出内脏后冲洗或喷淋，以进一步减少胴体污染。

头部清洗及去除

FSIS建议采用头部清洗系统，减少沙门氏菌。一项研究发现，用40°C/104°F的水清洗猪脸和头可明显减少沙门氏菌流行，从 7.15到5.77 $\log_{10}$ CFU/cm²。同一研究还发现用2%醋酸处理脸颊肉可减少沙门氏菌、APC和大肠杆菌数量67% (Frederick *et al.*, 1994) 。分割头颅会增加胸骨污染，并且研究表明沙门氏菌在前腿、头部、胸骨和喉咙处最流行 (Biasino *et al.*, 2018) 。

头部清洗及去除的最佳做法包括：

- 在去除头部及FSIS检测前，用室温水冲洗口腔，去除饮食物或其他污染；

- 必要时，处理完一个胴体后对头部去除设备进行维护及消毒；
- 高频率且适当地消毒刀具；和
- 分割口咽腔或暴露于胃内容物后对刀具及设备进行维护及消毒。

内脏处理袋隔离

FSIS建议企业在取出内脏前套上并绑紧内脏处理袋，保证员工注意尽量减少胴体和内脏交叉污染。

内脏处理袋隔离的最佳做法：

- 扎上内脏处理袋，通过单个切口切掉周围的组织，盖上保护层；
- 分离时避免内脏处理袋接触胴体或内脏；
- 用绑带或夹子固定内脏处理袋；
- 确保员工卫生及个人防护设备使用，比如手套和围裙；
- 如使用内脏处理袋造成任何可见污染，立即去除；
- 如可能，使用名为“内脏处理袋枪”的自动内脏处理袋套装系统，不要手动套袋。自动系统会围绕肛门套袋，排出直肠，减少交叉污染；及
- 如必要，处理完胴体后对内脏处理袋枪、刀具和钩子进行维护及消毒。

取出内脏

猪胴体内脏取出及胴体分割与沙门氏菌流行增加有关联。内脏取出是企业生产过程的一个重要环节，在此有效干预对沙门氏菌控制有正向效果，尤其是由于胴体摆放姿态，前腿和头在取出内脏后受到严重污染（Biasino *et al.*, 2018）。

内脏取出的最佳做法包括：

- 从蹄及胴体上去除所有毛发、皮屑和脏污，并在取出内脏前彻底清洗；
- 确保由具备技术且有经验的人员执行内脏取出操作；
- 避免切割或令肠道破裂；
- 内脏和附带的食道一起取出，以免泄漏；
- 分割胴体前，去除胴体上的可见污染，然后再调理（切除或蒸汽真空吸污）；及
- 胴体分割用锯片接触脊柱或咽喉会导致交叉污染，每次使用后对胴体分割设备进行消毒，避免交叉污染。

淋巴结去除

一个科学模型预估平均每100000美国公民中有45例因食用批售的猪肉糜而患上沙门氏菌病（Zhang, *et. al.*, 2019）。最近的理论认为淋巴结内可能有沙门氏菌。这一针对猪的研究领域正在发展中，当前数据稀少。此领域研究正在进行中。

屠宰及分割过程与用于减少胴体表面病原菌的典型干预不能有效减少淋巴结内的病原菌。对沙门氏菌的综合系统性控制应包括解决用于制作猪肉糜或其他非完整肉块的产品内可能含有的淋巴结内可能存在的沙门氏菌。

冷却前最终冲洗、热冲洗和蒸汽巴氏杀菌

取出内脏及胴体分割后的去污处理等加工程序一般会令胴体运往冷却机的过程中沙门氏菌减少（O'Connor *et al.*, 2012）。FSIS建议在冷却前进行胴体去污，包括有机酸清洗、热水清洗、蒸汽巴氏杀菌，处理过程中胴体表面温度要达到至少70°C/158°F（联合国粮农组织，世界卫生组织，2016）。

企业可通过氯或磷酸三钠等抗菌化学品，提升去污效果（Bolton *et al.*, 2002）。数项研究表明加压并稀释的2–3%乳酸或醋酸可减少病原菌（Van Netten *et al.*, 1995; McMullen, 2000）。另外，最终胴体清洗使用55°C/131°F、13–23 psi的2%乳酸溶液超过60秒是有效的去污措施（Van Netten *et al.*, 1995）。

最佳做法包括：

- 监测排水管，确保其正常工作，避免堵塞导致胴体和设备污染；
- 当胴体受到污染，且在最终清洗前未得到充分清洁，将胴体从产线上转移到保留区清洁；
- 修剪或用蒸汽或热水真空吸污，清洗受污染的胴体，以在最终检查及清洗前去除可见污染；
- 清洗倒挂的胴体（后腿在上）；
- 尽量减少液体喷溅到其他胴体上；
- 使用热巴氏杀菌系统时，将至少70°C/158°F的水或蒸汽送达胴体的整个表面；
- 控制压力，避免压力过大，将微生物污染冲入组织内；
- 用抗菌素或热水改善去污洗效果；但是，出于成本考虑，一些微型企业可能选择用冷水清洗；和
- 头从胴体分离时，考虑认真处理脖子和下颌内。

喷淋冷却

冷却是过程中降低胴体温度的步骤。温度控制和卫生措施确保干预实现的微生物减少得到维持。温度控制限制病原菌生长，卫生措施则避免再污染。

企业在屠宰后冷却的早期，但是所有其他屠宰分割和干预执行后，对胴体使用喷淋冷却，即向胴体喷冷水实现蒸发冷却，以控制胴体皱缩，快速冷却胴体。屠宰后3-8小时内间歇性往胴体上喷冷水会令胴体表面保持湿润，在不增加胴体重量损失的情况下实现蒸发冷却。猪胴体肌肉温度高，pH低，可能导致猪肉苍白松软渗水。FSIS建议企业确保快速将肌肉内部温度冷却到建议的温度，12小时到10°C/50°F，24小时到2°C/36°F–4.4°C/40°F (Savell *et al.*, 2005)。研究表明吹风冷却和喷淋冷却可减少胴体皱缩。如企业保留胴体超过一天，FSIS建议企业在生产前两天用有机酸喷淋冷却胴体，以最大程度减少沙门氏菌，并将冷却机温度维持在能保证胴体内部温度24小时内降到4.4°C/40°F的温度。

FSIS建议企业用最佳做法冷却胴体，包括：

- 放血后约一小时内开始胴体冷却，以限制病原菌生长；
- 取出胴体后尽快开始冷却内脏产品和杂碎，以限制病原菌生长；
- 将冷却机温度维持在能保证胴体在进入后内部温度24小时内降到4.4°C/40°F的温度，并针对所有产品都维持此温度；
- 将成品存储区温度维持在4.4°C/40°F或更低，或有关于所选择温度限值的支持或验证文档；
- 保证胴体、墙壁和设备之间的距离，避免交叉污染；保证空气流通高效，避免冷凝；
- 用负压系统为冷却器通风，以免屠宰作业气流导致交叉污染；
- 如加工前胴体在冷却机中存放不超过7天，维持对冷却机操作参数的科学支持，包括温度、湿度和气流；

- 将胴体直接从屠宰区运到去骨区，趁热剔骨（冷却前）。切勿耽误去骨。将去骨间室温维持在10°C/50°F或更低；
- 确保员工采取适当的卫生做法，避免创造不卫生条件；与
- 设计运输方式，杜绝屠宰及进一步加工区之间的人员、托盘和垃圾桶移动。如果员工必须在两个区域工作，则要求员工在两个区域移动之前，更换外衣和其他脏污的衣服，洗手并消毒，洗鞋子并消毒。

猪肉成品生产、干预及加工

如上所述，在屠宰期间执行适当且卫生的分割程序以及抗菌素干预，尽量减少微生物污染。并且，FSIS建议企业采取措施，控制猪胴体生产及进一步加工成为完整和非完整肉块和肉糜过程中的沙门氏菌交叉污染。

如[针对猪肉香肠饼的HACCP模型](#)所述，FSIS已在设计HACCP方案时向企业提供指引。

FSIS将**完好肉块**定义为从初步分切的猪肉上切下的肉块，尚未接受令其不完整的加工。**非完好肉块**也是从初步分切的猪肉上切下，但已被注水、机械软化、改造、真空滚揉、切上长条口、腌制或其他方式处理，变得非完好。FSIS将猪肉糜定义为已绞碎、机械分割或以其他方式加工，以减少颗粒大小的猪肉。根据FSIS采样数据，沙门氏菌在猪肉糜中的流行率约30%，完好或非完好肉块的合并阳性率约9%。

近期一项研究发现无可见淋巴结组织的猪颊肉和猪头肉上沙门氏菌的流行率是63-68% (Wottlin *et al.*, 2022)。这可能是因为在屠宰过程中的卫生分割缺陷，食管和器官常在去头过程中被切到。由于猪颊肉和猪头肉常混入猪肉糜中，FSIS建议企业在设计危害分析时，考虑用于生产猪肉糜的来料的沙门氏菌流行水平。

建议的胴体生产最佳做法包括使用抗菌素干预，维持生产及去骨室温度不超过10°C/50°F，并监测。根据[9 CFR第416部分](#)，企业需维持生产区的卫生条件，包括所有设备、工具和工服。

温度控制是避免产品存储及零售期间病原菌生长的重要控制机制。发生温度失控时，摄入猪肉产品导致的食源性疾病的风险增加。如为生猪肉产品，清洁砧板、控制并监测冷却温度、减少存储时间是控制沙门氏菌的重要措施（Swart *et al.*, 2016）。

最终加工时在猪肉产品上使用有机酸虽然可有效改善肉的微生物学质量，但有机酸可能造成零售肉块颜色发生不可逆变化，导致质量顾虑。研究表明，屠宰过程中使用的干预，比如热蒸汽处理或乳酸溶液喷淋（[蒸汽和热水真空吸污](#)），能延长产品保质期，提高猪胴体及猪肉安全性（Pipek *et al.*, 2006）。猪屠宰加工厂采用的干预可大幅减少胴体沙门氏菌流行，从烫洗前的91.2%到冷却时的3.7%。由于最终冷却的胴体上依然有低水平沙门氏菌，猪肉加工企业应采取补充干预，以进一步减少消费者患沙门氏菌病的风险（Schmidt *et al.*, 2012）。

如以上[疫苗与噬菌体干预](#)部分以[FSIS指令7120.1](#)及所述，获认可的噬菌体可用于食品处理表面去污，能将玻璃及不锈钢表面的易感沙门氏菌株数量减少约2-4 log（Woolston *et al.*, 2013）。

对猪肉馅、香肠、肉饼或其他猪肉糜产品生产的最有效沙门氏菌减少策略是在屠宰线末及后加工过程中采取的（Bollaerts *et al.*, 2010）。建议的最佳做法可能包括加热、冷冻和多重干预，比如干燥、腌制、盐析、发酵、辐射和高压加工（HPP）。SJ2噬菌体可显著减少猪肉馅内的沙门氏菌；但是，到24小时时，较高温度（21°C/69.8°F）下的减少比较低温度（4°C/39°F）下的更大（Hong *et al.*, 2016）。选择直接对肉馅产品施加干预的企业需要遵守所有标签要求，以及[FSIS指令7120.1](#)规定的批准使用条件。

包装、成品存储、运输及零售产品

一项研究评估了不同温度下沙门氏菌及其他细菌指示物数据，帮助猪肉生产及绞肉加工企业用数据验证关键限值。研究模拟猪肉加工环境下常见的加工及保存温度，监测不同温度下肉馅及去骨猪排内鼠伤寒沙门氏菌和肠炎沙门氏菌生长。冷藏温度4.4–10°C/39.9–50°F下去骨猪排内未发现明显增长，但在室温（22.2–23.8°C/72–74.8°F）下则有发现。在肉馅中，则在所研究的不同温度下一直观测到沙门氏菌生长，4.4°C/40°F除外。此研究表明肉类加工企业可使用各种时间与冷藏温度组合作为关键限值，以尽量减少生猪肉产品生产及存储过程中的沙门氏菌生长（Mann *et al.*, 2004）。

整块肌肉和新鲜肉馅产品内均发现沙门氏菌污染，但肉馅产品在煮得欠熟情况下对消费者构成更大的威胁，因为污染会在绞碎过程中扩散。零售生肉常受到病原菌污染，可能成为食源性疾病传播的载体（Zhao *et al.*, 2001）。零售店内的进一步处理，包括切分、再包装、再绞碎，可能造成沙门氏菌污染（Duffy *et al.*, 2001）。研究发现，进一步加工、切割和绞肉的零售店的产品较超市的沙门氏菌流行更高，因为零售店采取的卫生程序差异、交叉污染事件以及违规处理产品。Chorizo是一款生肉香肠，消费者常常因为其颜色深，煮得欠熟，导致患上沙门氏菌病（Escartin *et al.*, 1999; Hajmeer *et al.*, 2006）。

病原菌建模已被用于预测多类产品中沙门氏菌等食源性病原菌的生存及生长。一群研究人员开发了可用于设计生猪肉产品加工过程关键限值的模型，支持温度在短时间内提升（Kaur *et al.*, 2008）。威斯康辛大学还基于其关于病原菌在不同温度下生长情况的研究，制定了关键限值。这些建模结果可在线查看，见[CL Temp Abuse.pdf \(wisc.edu\)](http://wisc.edu/CL_Temp_Abuse.pdf)，企业可直接使用。

FSIS建议企业通过监测及记录温度，确保内部猪肉产品、储藏室及运输车辆温度维持在4.4°C/40°F或更低。

运输做法

一般，企业或其签约的运输公司在冷藏温度下运输胴体及包装的成品，并按照食品安全体系监测及记录。

[9 CFR 310.18\(c\)](#) 包括有关在胴体未经冷却情况下去骨企业应在最终清洗后检测胴体的规定，因此，如果企业运输未冷却的胴体，必须以相似方式检测胴体。

法规对未经冷却运输的胴体无具体温度要求。然而，企业必须应对危害分析中发现的所有潜在危害（[9 CFR 417.2\(a\)\(1\)](#)）。根据此法规，企业必须能在危害分析中支持不冷却即运输胴体的决定。10°C–54°C/50°F–130°F温度下，持续时间超过6小时可能因病原菌生长而有危害。企业必须能分析清楚为什么不经冷却程序而将产品投入商业流通不大可能导致危害（NRLTO）。法规要求企业的危害分析应对这些潜在危害。如确认危害不大可能发生（NRLTO），企业需提供支持此决定的文献。

FSIS还建议企业提供有关未经冷却产品运输的说明，保证产品在发运后得到安全处理。

另外，企业需在加工、搬运、储藏及运输前及过程中装卸时，避免产品掺杂（[9 CFR 416.4\(d\)](#)）。未经冷却胴体运输可能导致不卫生条件或令胴体暴露于不卫生条件。

统计过程控制

过程控制程序是由企业设计的一项或一套程序，用于控制生产全健康产品所必需的作业条件。这些程序一般包括观察或衡量系统表现的方式，分析生成的结果，以制定控制标准，并在必要时采取行动，确保系统在继续在控制标准内运行。程序可能包括企业应对过程失控的措施。另外，程序可用作对危害分析中决策的支持。过程控制程序可能包括胴体去污、足够卫生的分割做法、抗菌素干扰处理以及执行本指南所述的最好做法。未能控制这些程序及处理措施的企业会令胴体及产品有受微生物污染的风险。

统计过程控制（SPC）是一种企业用统计学分析采集的数据，然后监测并通过减少过程偏差，改善过程的科学方法。屠宰企业过程控制的目标是尽量减少胴体微生物污染，减少对健康有害的病原菌，控制任何留存微生物的增殖，并避免再污染。

SPC为企业持续验证HACCP提供了强大的数据监测及解读工具。SPC能在过程可能未按设计运行时向企业预警。这样企业就能在过程达不到性能标准或其预先识别并确认的特定性能指标前，作出改变，让过程重回受控状态。SPC可就HACCP系统按照设计运行，

且可能满足适用的性能标准，向企业提供合理保证。

企业可采用数种SPC方法和方式。企业应考虑可用的指引，并为采样结果解读制定统计学上有效的方式，比如Saini *et al.*, 2011 和 De Vries and Reneau, 2010中的信息。

企业常利用指示物检测，评估过程控制。FSIS有关于指示物微生物学采样的指引供行业使用，见[FSIS指南：猪屠宰检验的现代化 - 在猪屠宰企业开发微生物采样程序](#)。

参考文献

- Alban, L., 和 L. L. Sørensen. 2010. 热水去污是减少猪肉沙门氏菌风险的有效方式。《肉类行业》(Fleischwirtschaft) 90:109–113。
- Alban, L. 和 K. D. Stark. 2005. 应着眼于哪里努力来有效减少屠宰猪胴体沙门氏菌流行? 《预防兽医学》68:63–79。
- Alborali, G. L., J. Ruggeri, M. Pesciaroli, N. Martinelli, B. Chirullo, S. Ammendola, A. Battistoni, M. C. Ossiprandi, A. Corradi和 P. Pasquali. 2017. 初免-加强免疫接种减毒鼠伤寒沙门氏菌 $\Delta znuABC$ 和灭活猪霍乱沙门氏菌疫苗对猪仔攻击性感染猪霍乱沙门氏菌有保护效果。《BMC兽医学研究》13(1):284。
- Algino, R. J., G. A. Badtram, B. H. Ingham和 S. C. Ingham. 2009. 与威斯康辛州微型屠宰厂内猪胴体沙门氏菌流行关联的因素。《食品防护杂志》72(4):714–721。
- Andres-Barranco, S., J. P. Vico, V. Garrido, S. Samper, S. Herrera-Leon, C. de Frutos和 R. C. Mainar-Jaime. 2014. 野鸟和啮齿动物对育肥猪患临床症状不明显的流行性沙门氏菌疾病的影响。《食源性病原体与疾病》11(9):689–697。
- Arguello, H., A. Carvajal, S. Costillas和 P. Rubio. 2013. 育肥阶段往饮用水或饲料中添加有机酸对育肥猪沙门氏菌流行的影响。《食源性病原体与疾病》10(10): 842–849。
- Baer, A. A., M. J. Miller和 A. C. Dilger. 2013. 对猪肉行业有影响的病原菌：对确保食品安全的干预的研究评价。《食品科学与安全综述》12:183–217。
- Bai, J., Y. T. Kim, S. Ryu和 J. H. Lee. 2016. 用噬菌体和细胞内容素对食源性病原菌进行生物控制及快速检测。《微生物学前沿》7:474。
- Baptista, F. M, J. Dahl和 L. R. Nielson. 2010. 影响丹麦屠宰厂内胴体沙门氏菌流行的因素。《预防兽医学》95:231–238。
- Barba-Vidal, E., V. F. B. Roll, L. Castillejos, A. A. Guerra-Ordaz, X. Manteca, J. J. Mallo和 S. M. Martin-Orue. 2017. 添加受保护丁酸钠或地衣芽孢杆菌的猪仔对鼠伤寒沙门氏菌刺激的反应：对表现、肠道健康和行为的影响。《转化动物学》1:186–200。
- Barber, D. A., P. B. Bahnson, R. Isaacson, C. J. Jones和 R. M. Weigel. 2002. 沙门氏菌在猪生

产生生态系统中的分布。《食品防护杂志》 65(12):1861– 1868。

Bearson, B. L., S. Bearson, B. W. Brunelle, D. O. Bayles, I. S. Lee和 J. D. Kich. 2017. 沙门氏菌DIVA疫苗减少猪因致命鼠伤寒沙门氏菌导致的疾病、定植和脱落。《医学微生物学杂志》 66(5):651–661。

Benjamin, M. E. 2005. 猪运输和搬运 – 焦虑及疲劳的猪。《猪肉生产进步》 16:57–62。
<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.529.3439&rep=rep1&type=p df>。

Berriman, A. D., D. Clancy, H. E. Clough, D. Armstrong和 R. M. Christley. 2013. 刺激性干预减少英国猪群沙门氏菌流行的有效性。《PloS One》 8(6)。

Biasino, W., L. De Zutter, W. Mattheus, S. Bertrand, M. Uyttendaele和 I. Van Damme. 2018. 屠宰做法与屠宰期间猪胴体沙门氏菌及卫生指示菌分布的关联。《食品微生物学》 70:192–199。

Boes, J., J. Dahl, B. Nielsen和 H. H. Krog. 2001. 分开运输、入栏及屠宰对猪胴体上出现鼠伤寒沙门氏菌的影响。《Berl. Munch. Tierarztl. Wochenschr》 114:363–365。

Bollaerts, K., W. Messens, M. Aerts, J. Dewulf, D. Maes, K. Grijspeerdt和 Y. Stede. 2010. 评估减少人因食用新鲜碎猪肉而患沙门氏菌病的场景。《风险分析》 30:853–865。

Bolton, D. J., R. A. Pearce, J. J. Sheridan, I. S. Blair, D. A. McDowell和 D. Harrington. 2002a. 清洗及冷却作为猪屠宰危害分析及关键控制点（HACCP）体系的关键控制点。《应用微生物学杂志》 92:893–902。

Bolton, D. J., R. Pearce和 J. J. Sheridan. 2002b. 基于风险确认猪屠宰关键控制点。国家食品中心第56号研究报告。

Bolton, D. J., R. Pearce, J. J. Sheridan, D. A. McDowell和 I.S. Blair. 2003. 烫洗过程中猪胴体去污及沙门氏菌交叉污染避免。《应用微生物学杂志》 94:1036–1042。

Borch, E., T. Nesbakken和 H. Christensen. 1996. 与食源性细菌有关的猪屠宰企业危害识别。《国际食品微生物学杂志》 30:9–25。

Botteldoorn, N., M. Heyndrickx, N. Rijpens, K. Grijspeerdt和 L. Herman. 2003. 猪胴体沙门氏菌：屠宰厂内阳性猪及交叉污染。《应用微生物学杂志》 95(5):891–903。

Bridier, A., P. Le Grandois, M-H. Moreau, C. Prenom, A. Le Roux, C. Feurer和 C. Soumet. 2019. 清洁及消毒程序对猪屠宰厂微生物生态及抗沙门氏菌素耐药性的影响。《自然科学报告》9:12947。

Burdick Sanchez, N. C., J. A. Carroll, J. R. Corley, P. R. Broadway和 T. R. Callaway. 2019. 回应断奶猪沙门氏菌刺激而添加酵母细胞壁的猪血液学变量的变化。《兽医科学前沿》6:246。

Callaway, T. R., T. S. Edrington, A. Brabban, B. Kutter, L. Karriker, C. Stahl, E. Wagstrom, R. Anderson, T. L. Poole, K. Genovese, N. Krueger, R. Harvey和 D. J. Nisbet. 2011. 对噬菌体处理作为减少生长猪体内沙门氏菌数量的策略的评估。《食源性病原体与疾病》8(2):262–266。

Casanova-Higes, A., C. M. Marín-Alcalá, S. Andrés-Barranco, A. Cebollada-Solanas, , A. Alvarez和 R. C. Mainar-Jaime. 2019. 断奶猪仔：为控制种猪场沙门氏菌感染应考虑的另一因素。《兽医学研究》50(1):45。

Channon, H. A., A. M. Payne和 R. D Warner. 2002. 二氧化碳致晕与手动电击致晕（50 Hz）对胴体及肉质影响的对比。《肉类科学》60:63–68。

Channon, H. A. 2014. 猪屠宰线操作，295–302。在M. Dikeman 和 C. Devine（编辑）著的《肉类科学百科全书》第二版中。Elsevier Ltd., 伦敦。

Dahl, J., D. M. Lo Fong, H. Stege, P. J. Van der Wolf, L. Leontides, A. Von Altrock和 B. M. Thorberg. 1999. 对沙门氏菌流行高的猪群执行沙门氏菌控制喂养策略效果的干预研究。《畜牧生产科学》340–342。

Davies, P. R., W. E. Morrow, F. T. Jones, J. Deen, P. J. Fedorka-Cray和 I. T. Harris. 1997. 美国北卡罗纳州不同生产系统喂养的育肥猪中沙门氏菌流行情况。《流行病与传染》119(2):237–244。

Davies, R. H., I. M. McLaren,和 S. Bedford. 1999. 两家猪屠宰厂内沙门氏菌污染分布。《正式记录：关于流行病学及猪肉沙门氏菌控制的第三次国际研讨会》267–272。

De Busser, E. V., L. De Zutter, J. Dewulf, K. Houf和 D. Maes. 2013. 活猪及屠宰猪沙门氏菌控制。《兽医学报》196:20–27。

Delhalle, L., I. De Sadeleer, K. Bollaerts, F. Farnir, C. Saegerman, N. Korsak, J. Dewulf,

A. De Zutter和 G. Daube. 2008. 比利时十大屠宰厂的沙门氏菌及卫生指示物风险因素。《食品防护杂志》 71(7):1320–1329。

De Ridder L., D. Maes, J. Dewulf, F. Pasmans, F. Boyen, E. Meroc, Y. Butaye和 Y. Van der Stede. 2013. 对减少猪群鼠伤寒沙门氏菌传播的三个干预策略的评估。《兽医学报》 197(3):613–618。

De Vries, A. and J. K. Reneau. 2010. 用统计过程控制图监测动物生产系统变化。《动物科学杂志》 88(13S):11–24。

Dich-Jørgensen, K., H. Dugaard Larsen, P. S. Leifsson和 H. E. Jensen. 2017. 对屠宰猪火腿上部及里脊肉出血的特性分析。《肉类科学》 124:34–38。

Doyle, M. P. and D. O. Cliver. 1990. 食源性沙门氏菌病, Academic Press, Inc., San Diego:185–204。

Dorr, P. M., D. A. Tadesse, B. M. Zewde, P. Fry, S. Thakur和 W. A. Gebreyes. 2009. 对沙门氏菌传播及环境污染对商品猪生产系统影响的纵向研究。《应用与环境微生物学》 75(6):1478–1486。

Duffy, E. A., K. E. Belk, J. N. Sofos, G. R. Bellinger, A. Pape和 G. C. Smith. 2001. 美国零售猪肉产品的微生物污染程度。《食品防护杂志》 64(2):172–8。

Eggenberger-Solorzano, L., S. E. Niebuhr, G. R. Acuff和 J. S. Dickson. 2002. 加工过程中用热水及有机酸干预控制微生物污染。《食品防护杂志》 65:1248–1252。

Epling, L. K., J. A. Carpenter和 L. C. Blankenship. 1993. 猪胴体上弯曲肠杆菌和沙门氏菌流行与喷淋乳酸的减少效果。《食品防护杂志》 56(6):536–537。

Escartin, E. F., A. Castillo, A. Hinojosa-Puga和 J. Saldaña-Lozano. 1999. 西班牙辣香肠中沙门氏菌的流行及其在不同储藏温度下的生存。《食品微生物学》 16(5):479–86。

联合国粮农组织, 世界卫生组织, 2016. 为控制牛肉和猪肉中非伤寒沙门氏菌采取的干预: 会议报告及系统性评价。Rome。见
<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/249529/9789241565240-eng.pdf?sequence=1>。2021年7月15日访问。

食品冷藏及工艺工程研究中心 (FRPERC) 。 2007。减少猪肉沙门氏菌污染。布里斯托大学, FSA 项目MO1038。

Frederick, T. L., M. F. Miller, L. D. Thompson和 C. B. Ramsey. 1994. 受醋酸及温度影响的猪类肉的微生物学属性。《食品科学杂志》 59:300–302.

Funk, J. and W. A. Gebreyes. 2001. 与美国北卡罗纳州的三点猪生产系统内肠道沙门氏菌流行相关的风险因素。《Berl.Munch. Tierarztl. Wochenschr》 114(9-10):335–8。

Funk, J., P. R. Davies和 W. A. Gebreyes. 2001. 与美国北卡罗纳州的三点猪生产系统内肠道沙门氏菌流行相关的风险因素。《Berl. Munch. Tierarztl. Wochenschr》 114:335–338。

Funk, J., T. E. Wittum, J. T. LeJeune, P. J. Rajala-Scheltz, A. Bowman和 A. Mack. 2007. 有关饲养密度及起不到治疗效果的氯四环素对生长猪肠道沙门氏菌脱落影响的评估。《兽医微生物学》 24:202–208。

Gebauer, J., H. Kudlackova, M. Kosina, K. Kovarcik, R. Tesarik, A. Osvaldova, M. Faldyna和 J. Matiasovic. 2016. 开发感染鼠伤寒沙门氏菌的DIVA ELISAA区别猪及接种以鼠伤寒沙门氏菌为基础的灭活疫苗的猪的蛋白质组学方法。《BMC兽医学研究》 12(1):252。

Gill, C. O. and J. Bryant. 1993. 猪胴体去毛设备中存在大肠杆菌、沙门氏菌和弯曲杆菌。《食品微生物学》 10(4):337-344。

Gill, C. O. and T. Jones. 1995. 两家猪屠宰厂胴体加工设备内存在气单胞菌、李斯特菌和耶尔森氏鼠疫杆菌。《食品微生物学》 12:135– 141。

Gill, C. O., T. Jones和 M. Badoni. 1998. 热水巴氏杀菌处理对猪及羊胴体微生物条件及外观的影响。《国际食品研究》 31:272–278。

Gill, C. O. 2000. 一次加工HACCP: 红肉。In Brown MH, 肉类行业HACCP。Boca Raton: CRC Pr, 81–122。

Giovannacci, S., C. Ragimbear, S. Queguiner, G. Salvat, J. L. Vendeuvre, V. Carlier和 G. Ermel. 1999. 猪屠宰及切割厂内单核细胞李斯特菌: RAPD、PFGE和PCR-REA用于溯源及分子流行病学。《国际食品微生物学杂志》 53:127–140。

Giovannacci, S., S. Queguiner, C. Ragimbeau, G. Salvat, J. L. Vendeuvre, V. Carlier和 G. Ermel. 2008. 用血清学分型及酶切图谱基因型分型对两家猪屠宰及切割厂内沙门氏菌溯源。《应用微生物学杂志》 40(1):131– 147。

Goldbach, S. G. and L. Alban. 2006. 丹麦猪肉生产沙门氏菌控制成本收益分析。《预防兽医学》 77:1–14。

Goulter, R. M., G. A. Dykes和 A. Small. 2008. 肉类行业用刀具去污：不同水温及处理时长组合对刀具表面细菌数量减少的影响。《食品防护杂志》 71(7):1338– 1342。

Gracey, J. F. 2015. 《肉类卫生》。 W.B. Saunders, Lancaster UK。

Hald, T. 1999. 量化评估猪肉导致的人沙门氏菌疾病源。《正式记录：关于流行病学及猪肉沙门氏菌控制的第三次国际研讨会》 200–205。

Hald, T., A. Wingstrand, M. Swanenburg, A. Von Altrock和 B. M. Thorberg. 2003. 欧洲猪屠宰厂沙门氏菌的发生及流行病。《流行病学》 131(3):1187–1203。

Hamilton, D., G. Holds, M. Lorimer, A. Kiermeier, C. Kidd, J. Slade和 A. Pointon. 2010. 屠宰车间用热水或酸化亚氯酸钠对猪胴体去污 – 澳大利亚两家屠宰厂对比。《人兽共患病学和公共卫生》 57(Suppl.1):16–22。

Hansen, T. B., B. B. Christensen和 S. Aabo. 2010. 2022年及2006年超市及肉铺内猪肉块中沙门氏菌。《人兽共患病学和公共卫生》 57:23–9。

Henry, A. E., A. Letellier, J. C. Côté, G. Desmarais, V. Lachapelle, N. Bergeron, S. L. Lewandowsky和 P. Fravallo. 2018. 猪生产网络内被忽视的沙门氏菌污染源：屠宰厂通道及运输货车挡泥板和地垫。《兽医学报》(La Revue Veterinaire Canadienne), 59(10):1105–1108。

Honeyman, M. S., R. S. Pirog, G. H. Huber, P. J. Lammers和 J. R. Hermann. 2006. 美国缝隙猪肉市场现象。《动物科学杂志》 84:2269–2275。

Hong, Y., K. Schmidt, D. Marks, S. Hatter, A. Marshall, L. Albino和 P. Ebner. 2016. 用广谱单噬菌体处理受沙门氏菌污染的蛋和猪肉：效力及耐药性发展。《食源性病原体与疾病》 13:679–688。

Huis In't Veld, J. H. 1992. 畜牧业及屠宰技术对肉微生物污染的影响：监测及控制。《正式记

录：第38次国际肉类科技会议》79-100。

Hurd, H. S., J. Brudvig, J. Dickson, J. Mirceta, M. Polovinskić, N. Matthews和 R. Griffith. 2008. 胴体污染及人食源性疾病风险对猪健康的影响。《公共卫生报告》123:343–351。

Hurd, H. S., J. K. Gailey, J. D. McKean和 M. H. Rostagno. 2001a. 屠宰重猪暴露于受鼠伤寒沙门氏菌环境后的实验性快速感染。《美国兽医学研究》62(8):1194–1197。

Hurd H. S., J. K. Gailey, J. D. McKean和 R. W. Griffith. 2005. 屠宰厂条件变化影响猪及猪肉上沙门氏菌流行和肉质。《食源性病原体与疾病》2(1):77–81。

Hurd H. S., J. D. McKean, R. W. Griffith和 M. H. Rostagno. 2003. 育肥猪肠道沙门氏菌流行估计。《流行病与传染》132(1):127–35。

Hurd H. S., J. D. McKean, R. W. Griffith, I. V. Wesley和 M. H. Rostagno. 2002. 商品猪经或未经运输和存储感染肠道沙门氏菌。《应用与环境微生物学》68:2376–238。

Hurd H. S., J. D. McKean, I. V. Wesley和 L. A. Karriker. 2001b. 入栏对从商品猪分离沙门氏菌的影响。《食品防护杂志》64, 939–944。

ICMSF. 1998. 《食品微生物 6：食品微生物生态》。Blackie Academic and Professional, London.

James, S. J., G. Purnell, C. A. Wkilkiln, M. Howell和 C. James. 2007. 猪加工沙门氏菌污染源。食品冷藏与工艺工程研究中心 (FRPERC) , 布里斯托大学, Churchill Building, Langford, BS40 5 DU, UK。

Jones, S. D., L. E. Jeremiah和 W. M. Robertson. 1993. 喷淋及吹风冷却对胴体皱缩及猪肌肉质量的影响。《肉类科学》34(3):351–362。

Kaur, A., P. S. Takhar, D. M. Smith, J. E. Mann和 M. M. Brashears. 2008. 基于微生物生存及生长曲线建模的分数阶微分方程：模型开发与实验性验证。《食品科学杂志》73(8):403–414。

Kotula, A. W. and B. S. Emswiler-Rose. 1988. 猪肉加工企业内空气微生物。《食品防护杂志》51(12):935–937。

Kozempel, M., N. Goldberg和 J. C. Craig. 2003. 真空/蒸汽/真空吸污过程。《食品科技

杂志》 57(12):30–33。

Larsen, S. T., J. D. McKean, H. S. Hurd, M. H. Rostagno, R. W. Griffith和 I. V. Wesley. 2003. 屠宰前商业运输及待宰对选择性宰杀母猪肠道沙门氏菌的影响。《食品防护杂志》 66(7):1134-1138。

Lariviere-Gauthier, G., A. Thibodeau, A. Letellier, E. Yergeau和 P. Fravalo. 2018. 母猪沙门氏菌脱落状况影响其喂养猪仔的微生物群。《应用微生物学杂志》 126, 411–423。

Latasá, C., M. Echeverez, B. García, C. Gil, E. García-Ona, S. Burgui, N. Casares, S. Stubbs-Hervás, J. J. Lasarte, I. Lasa和 C. Solano. 2016. 对缺少第二信使及RpoS的沙门氏菌作为口服活疫苗的评估。《PloS One》 11(8):e0161216。

Lee, J. A. and S. C. Hathaway. 1998. 为生食品设计有效HACCP计划的挑战。《食品控制》 9:111-117。

Letellier, A., G. Beauchamp, E. Guévremont, S. D'Allaire, D. Hurnik和 S. Quessy. 2009. 加拿大猪胴体存在沙门氏菌有关的屠宰风险因素。《食品防护杂志》 72(11):2326–2331。

Liu, X., B. Xia, T. He, D. Li, J. H. Su, L. Guo, J. F. Wang和 Y. H. Zhu. 2019. 口服乳酸菌和芽孢杆菌混合物减轻受婴儿沙门氏菌刺激的猪回肠炎症，病维持粘膜屏障完整性。《微生物》 7(5):135。

Llonch, P., P. Rodriguez, M. Gispert, A. Dalmau, X. Manteca和 A. Velarde. 2012. 用氮气及二氧化碳混合体致晕猪：对动物福利及肉质的影响。《动物》 6(4): 668–675。

Loynachan, A. T., J. M. Nugent, M. M. Erdman和 D. L. Harris. 2004. 各类血清变型沙门氏菌导致的猪急性感染。《食品防护杂志》 67:1484–1488。

Mafu, A. A., M. N. Higgins和 M. Nadeau. 1989. 猪胴体及屠宰厂环境沙门氏菌、弯曲杆菌和小肠结肠炎耶尔森氏菌的发生率。《食品防护杂志》 52(9):642–645。

Mann, J. E., L. Smith和 M. M. Brashears. 2004. 验证作为针对新鲜碎肉和去骨猪肉产品生产过程中沙门氏菌及背景植物关键限值的时间及温度值。《食品防护杂志》 67(7):1389– 1393。

Marcon, A. V., F. R. Caldaraa, G. F. de Oliveirab, L. M. P. Gonçalvesa, R. G. Garciaa, I. C. L. A. Pazb, C. Cronea和 A. Marcon. 2019. 屠宰厂电击或二氧化碳致晕后的猪肉质量。《肉类科学》 156:93–97。

Martelli, F., M. Lambert, P. Butt, T. Cheney, F. A. Tatone, R. Callaby, A. Rabie, R. J. Gosling, S. Fordon, G. Crocker, R. H. Davies和 R. P. Smith. 2017. 评估针对英国受沙门氏菌污染猪待宰栏的强化清洁及消毒方案。《PloS One》12(6)。

McDermid, A. S. and M. S. Lever. 1996. 肠炎沙门氏菌PT4和鼠伤寒沙门氏菌Swindon在气溶胶中存活。《应用微生物学快报》23:107–109。

McDonagh, V. P. and H. G. Smith. 1958. 屠宰厂在Bradford沙门氏菌感染中的重要性。《卫生杂志》56(2):271–279。

McMullen, L. M. 2000. 改善猪肉安全的干预策略。《猪肉生产进步》11:165。

Mietten, M. K., K. J. Björkroth和 H. J. Korkeala. 1999. 通过血清型分析及脉冲电场凝胶电泳对冰淇淋厂内单核细胞增多性李斯特菌的特性分析。《国际食品微生物学杂志》18:187–192。

Morgan, J. R., F. L. Krautil和 J. A. Craven. 1987. 经分割猪胴体上细菌数量。《流行性感染》98:15–24。

Moye, Z. D., J. Woolston和 A. Sulakvelidze. 2018. 食品生产及加工对噬菌体的应用。《病毒》10(4):205。

O'Connor, A. M., B. Wang, T. Denagamage和 J. McKean. 2012. 对胴体从屠宰到冷却过程中猪胴体沙门氏菌污染流行的图解：系统性评价方式。《食源性病原体与疾病》9(5):386–395。

Okraszewska-Lasica, W., D. J. Bolton, J. J. Sheridan和 D. A. McDowell. 2014. 爱尔兰商品牛肉、羊肉和猪肉生产厂内的空气沙门氏菌和李斯特菌。《肉类科学》97:255–261。

Park, S., G. Won和 J. H. Lee. 2019. 分泌劳氏内细胞菌免疫原性抗原的减毒沙门氏菌疫苗在小鼠模型中带来对猪增生性肠炎及沙门氏菌病的双重防护。《兽医科学杂志》20(3):e24。

Pearce, R. A., D. J. Bolton, J. J. Sheridan, D. A. McDowell, I. S. Blair和 D. Harrington. 2004. 研究决定猪屠宰危害分析和关键控制点系统内的关键控制点。《国际食品微生物学杂志》90(3):331–339。

Pearce, R. A., J. J. Sheridan和 D. J. Bolton. 2006. 商品猪屠宰过程中空气微生物分布。国家食

品中心, Ashtown, Dublin 15, Ireland。

Peeters, L., J. Dewulf, F. Boyen, C. Brossé, T. Vandersmissen, G. Rasschaert, M. Heyndrickx, M. Cargnel, W. Mattheus, F. Pasmans, F. Haesebrouck和 D. Maes. 2020. 临床症状不明显的受感染猪群接种鼠伤寒沙门氏菌疫苗的细菌学评估。《预防兽医学》 182:104687。

Pipek, P., M. Houska, K. Hoke, J. Jelenikova, K. Kyhos和 M. Sikulova. 2006. 用蒸汽和乳酸对猪胴体去污。《食品工程杂志》 74:224– 231。

Purnell, G., C. James, C. A. Wilkin和 S. J. James. 2010. 评估烫洗和去毛前使用肛塞实现的猪胴体卫生改善。《食品防护杂志》 73(6):1108–1110。

Rahkio T. M. and H. J. Korkeala. 1997. 屠宰厂中空气细菌和胴体污染。《食品防护杂志》 60(1):38–42。

Rajkowski, K. T., S. Eblen, C. Laubauch. 1998. 清洗并消毒用于运输猪的拖车对减少沙门氏菌和大肠杆菌的效力。《食品防护杂志》 61(1):31–35。

Rivas, T., Vizcaino, J. A.和 F. J. Herrera. 2000. 伊比利亚猪屠宰厂胴体及设备的微生物污染。《食品防护杂志》 63(12):1670–1675。

Rosenvold, K. and H. J. Andersen. 2003. 猪肉质量重要性因素 - 评价。《肉类科学》 64:219–237。

Rostagno, M. H., H. S. Hurd, J. D. McKean, C. J. Ziemer, J. K. Gailey和 R. C. Leite. 2003. 猪屠宰前待宰环境受到沙门氏菌严重污染。《应用与环境微生物学》 69(8):4489–4494。

Rostagno, M. H., H. S. Hurd和 J. D. McKean. 2005. 令猪在运输拖车上安息作为干预措施减少屠宰厂肠道沙门氏菌流行。《食品防护杂志》 68(8):1720–1723。

Rubini, S., C. Ravaioli, S. Previato, M. D’Incau, M. Tassinari, E. Guidi, S. Lupi, G. Merialdi和 M. Bergamini. 意大利东北部人口稠密区野生动物沙门氏菌株流行。《Ann Ist Super Sanità》 52(2): 277– 280。

Saide-Albornoz, J., C. Lynn Knipe, E. A. Murano和 G. W. Beran. 1995. 屠宰、生产及冷藏期间猪胴体受污染。《食品防护杂志》 58:993–997。

Saini, P. K., H. M. Marks, M. S. Dreyfuss, P. Evans, L. V. Cook, Jr和 U. Dessai. 2011. 肉禽

屠宰作业中指示微生物：其在过程控制中的应用以及新兴技术的角色。《食品防护杂志》74(8):1387–94。

San Roman, B., V. Garrido, S. Sanchez, I. Martinez-Ballesteros, J. Garaizar, R. C. Mainar-Jaime, L. Mirgura-Garcia, M. J. Grillo. 2018. 中低流行区育肥猪沙门氏菌感染、脱落及血清学之间的关系。《人兽共患病学和公共卫生》65:481–489。

Savell, J. W., S. L. Mueller和 B. E. Baird. 2005. 胴体冷却。《肉类科学》70:449–459。

Scallan E., P. M. Griffin, F. J. Angulo, R. V. Tauxe, R. M. Hoekstra. 2011. 在美国患上的食源性疾病 – 传染源不明。《新现传染病》17:16–22。

Schmidt, J. W., D. Brichta-Harhay, N. Kalchayanand, J. M. Bosilevac, S. D. Shackelford, T. L. Wheeler和 M. Koohmaraie. 2012. 美国两家大型猪肉加工厂胴体肠道沙门氏菌分离物的流行、计数、血清型及抗菌素耐药表型。《应用与环境微生物学》78:2716–2726。

Schmidt, P. L., A. M. O’Corrno, J. D. McKean和 H. S. Hurd. 2004. 对猪栏清洁消毒与屠宰时猪肠道沙门氏菌的关联。《食品防护杂志》67(7):1384–1388。

Scott, M. E., E. Mbandi, S. Buchanan, N. Abdelmajid, C. Gonzalez-Rivera, K. Robertson Hale, L. Jacobsen, J. Webb, J. Green和 P. Dolan. 2020. 食品安全检验服务生猪肉基线研究中采样产品内存在沙门氏菌及产志贺毒素大肠杆菌。《食品防护杂志》83(3):552–559。

Scott, V. N., K. E. Stevenson和 D. E. Gombas. 2006. 验证程序。In Scott, V. N.和 K. E. Stevenson (ed.), HACCP – 系统性食品安全方式第4版。食品协会, Washington, D.C. pp.91–98。

Self, J. L., R. E. Luna-Gierke, A. Fothergill, K. G. Holt和 A. R. Vieira. 2017. 美国与猪肉相关的流行病爆发, 1998–2015。《流行病与传染》145(14):2980–2990。

Seo, B. J., E. T. Song, K. Lee, J. W. Kim, C. G. Jeong, S. H. Moon, J. S. Son, S. H. Kang, H. S. Cho, B. Y. Jung和 W. I. Kim. 2018. 对噬菌体混合物对各类沙门氏菌血清型广谱裂解能力, 以及其对感染鼠伤寒沙门氏菌的断奶猪的效力的评估。《兽医科学杂志》80(6):851–860。

Skov, M. N., J. J. Madsen, C. Rahbek, J. Lodal, J. B. Jespersen, J. C. Jorgensen, H. H. Dietz, M. Chriel和 D. L. Baggesen. 2008. 丹麦野生动物与产肉动物间沙门氏菌传播。《应用微生物学杂志》105(5): 1558–1568。

Spescha, C., R. Stephan和 C. Zweifel. 2006. 两家欧盟批准屠宰厂不同屠宰阶段猪胴体的微生物污染。《食品防护杂志》 69(11):2568–2575。

Snnijders, J. M., G. E. Gerats和 J. G. Logtestijn. 1984. 屠宰过程中的良好生产做法。《食品卫生档案》 35:99–103。

Stopforth, J. D., Y. Yoon, K. E. Belk, J. A. Scangas, P. A. Kendall, G. C. Smith, J. N. Sofos. 2004. 模拟用化学溶液喷淋冷却对附于牛胴体组织上习惯及不习惯酸的大肠杆菌O157:H7 细胞的效果。《食品防护杂志》 67(10):2099–2106。

Swart, A. N., F. van Leusden和 M. J. Nauta. 2016. 针对烹饪及食用时猪肉产品内沙门氏菌的QMRA模型。《风险分析》 36:516–530。

Tamplin, M. L., I. Feder, S. A. Palumbo, A. Oser, L. Yoder和 J. B. Luchansky. 2001. 在以危害分析及关键控制点为基础的模型项目下加工的猪胴体上的沙门氏菌及大肠杆菌生物型I。《食品防护杂志》 64:1305–1308。

Tapp III, W. N., S. E. Gragg, J. C. Brooks, M. F. Miller和 M. M Brashears. 2013. 对屠宰用刀应用各种消毒处理后大肠杆菌O157:H7和沙门氏菌减少。《食品防护杂志》 76(2):200–204。

Totton, S. C., J. M. Glanville, R. S. Dzikamunhenga, J. S. Dickson和 A. M. O'Connor. 2016. 对猪胴体执行病原菌减少处理后沙门氏菌流行及数量变化幅度的系统性评价。《动物健康研究评论》 17(1):39–59。

Trivedi, S., Reynolds, A.E.和 Chen, J. 2007. 用家用蒸汽清洁系统对佐治亚四家小微肉类加工厂加工的牛和猪胴体去污。《食品防护杂志》 70(3):635–640。

Troeger, K. 1994. 屠宰过程中评估卫生风险。《肉类行业》 74(6):624–626。

美国农业部, [FSIS 指令 6100.2, 宰后活畜检验](#)。

美国农业部, [FSIS 指令 6410.4, 验证猪屠宰企业为避免胴体及其部分受肠道致病菌污染而执行足够的程序](#)。

美国农业部, [FSIS 指令 7120.1, 肉禽产品生产所用成分](#)。

- Van der Gaag, M. A., H. W. Saatkamp, G. B. Backus, P. van Beek和 R. B. Huirne. 2004. 猪肉供应链控制沙门氏菌的成本效益。《食品控制》15:173–180。
- Van Netten, P., D. A. Mossel和 J. Huis Int Veld. 1995. 新鲜猪胴体乳酸去污：初步工厂研究。《国际食品微生物学杂志》25:1–9。
- Velarde, A., M. Gisbert, L. Faucitano, X. Manteca, A. Diestre. 2000. 对西班牙猪屠宰厂所用致晕程序有效性的调研。《兽医记录》146(3):65–8。
- Vieira-Pinto, M., R. Tenreiro和 C. Martins. 2006. 通过脉冲电场凝胶电泳酶切图谱揭开一家葡萄牙屠宰厂内猪沙门氏菌的污染及传播路径。《国际食品防护杂志》110:77–84。
- Vogel, K. D., G. Badtram, J. R. Claus, T. Grandin, S. Turpin, R. E. Weyker, E. Voogd. 2011. 心脏骤停电击后头部致晕是对猪头部电击致晕的有效替代方式。《动物科学杂志》89(5):1412–8。
- Walia, K. W., H. Arguello, H. Lynch, J. Grant, F. C. Leonard, P. G. Lawlor, G. E. Gardiner和 G. Duffy. 2017. 不同清洁及消毒程序减少猪屠宰厂畜栏环境中沙门氏菌及肠杆菌的效力。《国际食品微生物学杂志》246:64–71。
- Wall, S. K., J. Zhang, M. H. Rostagno和 P. D. Ebner. 2010. 减少商品猪加工前沙门氏菌感染的噬菌体治疗。《应用与环境微生物学》76(1):48–53。
- Walsh, M. C. 2012. 通过水投喂直接饲喂用微生物或有机酸控制断奶猪沙门氏菌感染。第一部分：对生长表现、微生物数量及免疫状态的效果。《动物科学杂志》90(1):261–71。
- Wheatley, P., E. S. Giotis和 A. I. McKevitt. 2014. 一家爱尔兰猪肉生产厂内屠宰作业对胴体污染的影响。《爱尔兰兽医学报》67(1)。
- Woolston, J., A. R. Parks, T. Abuladze, B. Anderson, M. Li, C. Carter, L. F. Hanna, S. Heyse, D. Charbonneau和 A. Sulakvelidze. 2013. 噬菌体裂解沙门氏菌以快速减少玻璃及不锈钢表面沙门氏菌污染。《噬菌体》3:e25697。
- Worfel, R. C., J. N. Sofos, G. C. Smith和 G. R. Schmidt. 1996. 不同布局的牛屠宰分割厂内空气细菌污染。《乳制品、食品与环境卫生》16(7):440–443。

Wottlin, L., R. B. Harvey, K. N. Norman, S. Burciaga, G. Loneragan, R. E. Droleskey和 R. C. Anderson. 2022. 猪肉加工厂内猪头肉及碎肉中非伤寒沙门氏菌的流行及抗菌素耐药性。《食品防护杂志》 85(7):1008-1016。

Yang, L., W. Li, G. Z. Jiang, W. H. Zhang, H. Z. Ding, Y. H. Liu, Z. L. Zeng和 H. X. Jiang. 2017. 对从中国猪肉分离出的耐受第三代头孢菌素的沙门氏菌内携带CTX-M-27的P1类噬菌体的特性分析。《科学报告》 7:40710。

Young, I., B. J. Wilhelm, S. Cahill, R. Nakagawa, P. Desmarchelier和 A. Rajić. 2016.对屠宰及加工干预 控制牛肉及猪肉中非伤寒沙门氏菌的效力的快速系统性评价和汇总分析。《食品防护杂志》 79(12):2196–2210。

Yu, S.I., D. Bolton, C. Laubach, P. Kline, A. Oser和 S. A. Palumbo. 1999. 去毛作业对猪胴体微生物学质量的影响。《食品防护杂志》 62(12):1478–1481。

Zhao, C., B. Ge, J. De Villena, R. Sudler, E. Yeh, S. Zhao, D. G. White, D. Wagner和 J. Meng. 2001.华盛顿特区零售鸡肉、火鸡、猪肉及牛肉中弯曲杆菌、大肠杆菌及沙门氏菌血清型的流行。《应用环境微生物学》 67(12):5431–6。

Zhao, S., S. R. Young, E. Tong, J. W. Abbott, N. Womack, S. L. Friedman和 P. F. McDermott. 2010. 2002到2007年零售肉弯曲杆菌分离物的微生物抗性。《应用环境微生物学》 76(24):7949–7956。

Zhang, Y., A. M. O'Connor, C. Wang, J. S. Dickson, H. S. Hurd和 B. Wang. 2019. 以深层组织淋巴结为目标的干预可能无法有效降低因食用猪肉馅而患沙门氏菌病的风险：定量微生物风险评估。《风险分析》 39:2237–2258。

Zwirzitz, B., S. U. Wetzels, I. Rabanser, S. Thalguter, M. Dzieciol, M. Wagner和 E. Mann. 2019. 对商业屠宰厂猪胴体细菌污染模式的免培养评估。《食品防护杂志》 82(10):1677–1682。



<https://www.fsis.usda.gov/contact-us/askfsis>

USDA FSIS

www.fsis.usda.gov

2023