



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (ระบาควิทยาทางสัตวแพทย์)

ปริญญา

ระบาควิทยาทางสัตวแพทย์

สัตวแพทยศาสตรบัณฑิต

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณของการนำเข้าไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าสู่ฟาร์ม
สุกรปลอดโรคปากและเท้าเปื่อยที่ได้รับการรับรองจากกรมปศุสัตว์ในเขตภาคตะวันออก
ของประเทศไทย

Quantitative Risk Assessment of the Introduction of Foot and Mouth Disease Virus
Virus into Foot and Mouth Disease Free Pig Farms Certified by Department of
Livestock Development in the Eastern Part of Thailand

นามผู้วิจัย นางสาวจินตนา ตันเวชศิลป์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัฒน์ อรุณวิภาส, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุวิชา เกษมสุวรรณ, M.Phil.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สิงสิงห์ มทววิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณของการนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าสู่ฟาร์มสุกรปลอด
โรคปากและเท้าเปื่อยที่ได้รับการรับรองจากกรมปศุสัตว์ในเขตภาคตะวันออกของประเทศไทย

Quantitative Risk Assessment of the Introduction of Foot and Mouth Disease Virus into
Foot and Mouth Disease Free Pig Farms Certified by Department of Livestock
Development in the Eastern Part of Thailand

โดย

นางสาวจินตนา ต้นเวชศิลป์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อขอความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ระบอดวิททยาทางสัตวแพทย)

พ.ศ. 2556

จินตนา ต้นเวชศิลป์ 2556: การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณของการนำเข้าไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าสู่ฟาร์มสุกรปลอดโรคปากและเท้าเปื่อยที่ได้รับการรับรองจากกรมปศุสัตว์ในเขตภาคตะวันออกของประเทศไทย ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ระบาดวิทยาทางสัตวแพทย์) สาขาระบาดวิทยาทางสัตวแพทย์ ภาควิชาสัตวแพทยสาธารณสุขศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิพัฒน์ อรุณวิภาส, Ph.D. 95 หน้า

โรคปากและเท้าเปื่อยเป็นโรคที่สร้างความสูญเสียทางเศรษฐกิจให้แก่ประเทศไทยและเป็นประเด็นสำคัญในการกีดกันการค้าการส่งออกสินค้าปศุสัตว์จากประเทศไทย การผลิตสุกรในพื้นที่ดังกล่าวมีศักยภาพเพียงพอในการส่งออกไปยังต่างประเทศและเพื่อเป็นการสนับสนุนการส่งออก จึงได้มีการประเมินความเสี่ยงของการนำเข้าดังกล่าวเข้าสู่ฟาร์มสุกรเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการวางแผนออกนโยบายหรือมาตรการต่างๆในการป้องกันโรคเข้าสู่ฟาร์มและมีหลักฐานทางวิชาการเพื่อยืนยันกับประเทศคู่ค้าต่อไป วัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้คือเพื่อประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณของการนำเข้าไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าสู่ฟาร์มสุกรปลอดโรคปากและเท้าเปื่อยที่ได้รับการรับรองจากกรมปศุสัตว์ในเขตภาคตะวันออกของประเทศไทย การศึกษาในครั้งนี้ได้เก็บรวบรวมข้อมูลและประมวลผลข้อมูลตามแบบจำลองโดยใช้ Monte Carlo simulation software (@Risk version 5.0; Palisade Corp., Ithaca, NY) และเลือกใช้เทคนิค Latin-Hypercube sampling ในการคำนวณ จากการศึกษากลุ่มตัวอย่างฟาร์มสุกรได้รับการรับรองในช่วงระหว่างเดือนกันยายน 2553 ถึงเดือนกันยายน 2554 ที่ทำการศึกษากำหนดทั้งสิ้น 102 ฟาร์ม คิดเป็นร้อยละ 76.12 (102/134) พบว่าปัจจัยเสี่ยงที่นำเข้าสู่ฟาร์มได้แก่ คน สุกร น้ำ นก และอากาศ และค่าความเสี่ยงของการนำเข้าสู่ฟาร์มอย่างน้อยหนึ่งครั้งในช่วงระยะเวลาหนึ่งปีมีค่ามัธยฐานเท่ากับ 0.126 หรือทุก 8 ปี สำหรับวิธีการจัดการเพื่อลดความเสี่ยงได้แก่ ลดความเสี่ยงจากคนที่เข้าฟาร์ม เลื่อนนำเข้าสุกรจากแหล่งที่มีความเสี่ยงต่ำ และลดความชุกของโรคปากและเท้าเปื่อยในพื้นที่รอบฟาร์ม

Jintana Tanveschasilp 2013: Quantitative Risk Assessment of the Introduction of Foot and Mouth Disease Virus into Foot and Mouth Disease Free Pig Farms Certified by Department of Livestock Development in the Eastern Part of Thailand. Master of Science (Veterinary Epidemiology), Major Field: Veterinary Epidemiology, Department of Veterinary Public Health. Thesis Advisor: Assistant Professor Pipat Arunvipas, Ph.D. 95 pages.

Foot and mouth disease is a disease which causes an economic loss of livestock in Thailand and is considered as a trade barrier of Thailand export of swine product. Swine production in this area has high potential to support the export of this product to foreign countries. Therefore, the quantitative risk assessment can be applied as useful information for formulating a strategic planning and implementing measures for preventing the widespread of the disease to the pig farms, and consequently used as a scientific evidence for declaration to imported countries. The objective of this study was to assess the risk of the introduction of a foot and mouth disease virus into foot and mouth disease free pig farms certified by Department of Livestock Development in the Eastern part of Thailand. Data were collected from pig farms certified between September 2010 to September 2011, with a total number of 102 pig farms or 76.12 percent (102/134) and simulated data by using Monte Carlo simulation software (@Risk version 5.0; Palisade Corp., Ithaca, NY) and used a Latin-Hypercube sampling technique. The results indicated that major risk factors which introduced a disease to pig farms were human, pigs, water, bird and air. The median of risk of the introduction of particle into pig farms at least once in one year was 0.126 or every 8 years. The risk management measures include the minimized risk of people who entered into farms, the import of pigs from low risk source, the reduction of foot and mouth disease prevalence in area around farms.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ อรุณวิภาส อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์สุวิชา เกษมสุวรรณ หัวหน้าภาควิชาสัตวแพทย์ สาธารณสุขศาสตร์ที่ได้กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ การอนุเคราะห์โปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณ ตลอดจนกำลังใจในการดำเนินงานวิจัยและจัดทำเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ธีระ รักความสุข ประธานกรรมการสอบ และ ดร.ศิษฏ์ เปรมะฐีเยร ผู้ทรงคุณวุฒิจากภายนอกที่ได้กรุณาเสียสละเวลามาเป็นกรรมการการสอบและให้คำแนะนำในการแก้ไขปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอขอบคุณนางสาวสุนิสา กิनावศ์ เพื่อน ๆ พี่ ๆ นิสิตปริญญาโทสาขาวิชาสัตววิทยาทางสัตวแพทย์ที่ได้ให้การช่วยเหลือและสนับสนุนในการเก็บข้อมูลงานวิจัย

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเจ้าหน้าที่กรมปศุสัตว์ เจ้าหน้าที่กรมอุตุนิยมวิทยา เจ้าหน้าที่ห้องสมุด เจ้าหน้าที่ภาคเอกชนที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนผู้เชี่ยวชาญ เกษตรกร ผู้ประกอบกิจการเลี้ยงสุกรทุกท่านที่ได้กรุณาอำนวยความสะดวก ให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัย และสำนักควบคุมป้องกันและบำบัดโรคสัตว์ กรมปศุสัตว์ ที่ให้การสนับสนุนเงินทุนในการวิจัยในครั้งนี้

ความดีหรือประโยชน์อันใดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

จินตนา ตันเวชศิลป์

พฤษภาคม 2556

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
โรคปากและเท้าเปื่อย	3
การประเมินความเสี่ยงและแบบจำลอง	28
อุปกรณ์และวิธีการ	30
อุปกรณ์	30
วิธีการ	30
ผลและวิจารณ์	34
ผล	34
วิจารณ์	74
สรุปและข้อเสนอแนะ	77
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	80
ภาคผนวก	89
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	95

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ช่องทางที่สัตว์แพร่เชื้อ ระยะของโรคที่สัตว์แพร่เชื้อและปริมาณเชื้อ	5
2	ปริมาณเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยที่สุกรปล่อยทางอากาศต่อวัน	7
3	ปริมาณเชื้อไวรัสต่ำสุดที่สามารถทำให้เกิดการติดเชื้อของโค แกะและสุกรผ่านช่องทางการติดเชื้อต่าง ๆ	9
4	ผลการทดลองแสดงจำนวนสัตว์ที่จำแนกโดยการแสดงอาการและการขับเชื้อของสัตว์ของสัตว์ชนิดต่าง ๆ ที่ได้รับการทำวัคซีนและไม่ผ่านการทำวัคซีน	11
5	ระยะเวลาที่สัตว์แต่ละชนิดปล่อยเชื้อ	11
6	ประสิทธิภาพของสารฆ่าเชื้อ 3 ชนิด ในการฆ่าเชื้อ SVDV ในช่วงระยะเวลา 60 นาที	14
7	ผลของอุณหภูมิในการทำให้เชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยหมดฤทธิ์	15
8	ผลของค่าความเป็นกรดและด่างในการทำให้เชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยหมดฤทธิ์	15
9	ผลของชนิดและจำนวนสัตว์ที่ปล่อยเชื้อกับระยะห่างของสัตว์ที่มีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อผ่านทางอากาศ	21
10	การจำแนกสภาพการเคลื่อนไหวที่ไม่เป็นระเบียบของอากาศโดยวิธีของ Pasquill	23
11	ข้อมูลในการประเมินความเสี่ยงจากคน	42
12	ข้อมูลในการประเมินความเสี่ยงจากสุกร	51
13	ข้อมูลในการประเมินความเสี่ยงจากนก	56
14	ข้อมูลในการประเมินความเสี่ยงจากน้ำ	62
15	ข้อมูลในการประเมินความเสี่ยงจากอากาศ	67
16	การเปรียบเทียบระดับความเสี่ยงของการนำเข้าแต่ละปัจจัยเสี่ยงแต่ละครั้ง	71
17	การเปรียบเทียบความเสี่ยงของการนำเข้าเชื้อไวรัสเข้าฟาร์มอย่างน้อยหนึ่งครั้งในหนึ่งปีของแต่ละปัจจัยเสี่ยง	71

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานการกระจายตัว σ_y และ σ_z ของบรรยากาศที่มีการเคลื่อนไหวลักษณะแบบต่าง ๆ (A-F) ที่ระยะห่างต่าง ๆ ซึ่งอ้างอิงข้อมูลจาก Pasquill	24
2	การนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าโรงเรียนผ่านปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ	33
3	การนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าโรงเรียนโดยกลุ่มคนที่มีความเสี่ยงต่าง ๆ	38
4	การประเมินความเสี่ยงการนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าฟาร์มผ่านคน	41
5	โอกาสของการนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยผ่านคนเข้าฟาร์มหนึ่งครั้ง	45
6	โอกาสของการนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าฟาร์มอย่างน้อยหนึ่งครั้งในหนึ่งปีผ่านคน	46
7	การนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าฟาร์มผ่านการนำเข้าสุกรมีชีวิตโดยฟาร์มปลายทางมีการกักสุกรก่อนนำเข้าฟาร์ม	49
8	การประเมินความเสี่ยงการนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าฟาร์มผ่านสุกร	50
9	โอกาสของการนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าฟาร์มจากการนำเข้าสุกรหนึ่งครั้ง	52
10	โอกาสของการนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าฟาร์มอย่างน้อยหนึ่งครั้งในหนึ่งปีจากการนำเข้าสุกร	53
11	การนำเชื้อไวรัสเข้าฟาร์มผ่านนก	54
12	การประเมินความเสี่ยงการนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าฟาร์มผ่านนก	55
13	โอกาสของการนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยผ่านนกเข้าฟาร์มหนึ่งครั้ง	57

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
14	โอกาสของการนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าฟาร์มอย่างน้อยหนึ่งครั้งในหนึ่งปีผ่านนก	58
15	การนำเชื้อไวรัสเข้าฟาร์มผ่านน้ำ	60
16	การประเมินความเสี่ยงการนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าฟาร์มผ่านน้ำ	61
17	โอกาสของการนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยผ่านน้ำเข้าฟาร์มหนึ่งครั้ง	63
18	โอกาสของการนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าฟาร์มอย่างน้อยหนึ่งครั้งในหนึ่งปีผ่านน้ำ	64
19	การนำเชื้อไวรัสเข้าฟาร์มผ่านอากาศ	65
20	การประเมินความเสี่ยงการนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าฟาร์มผ่านอากาศ	66
21	โอกาสของการนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยผ่านอากาศเข้าฟาร์มหนึ่งครั้ง	70
22	โอกาสของการนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าฟาร์มอย่างน้อยหนึ่งครั้งในหนึ่งปีผ่านอากาศ	70
23	โอกาสของการนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าฟาร์มอย่างน้อยหนึ่งครั้งในหนึ่งปีผ่านปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ	72

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

AHSV	=	African Horse Sickness Virus
ELISA	=	Enzyme Linked Immunosorbent Assay
FMDV	=	Foot and Mouth Disease Virus
ID	=	Infective Dose
IU	=	Infectious Unit
m ³	=	Cubic meter
MID	=	Minimum Infective Dose
NSP	=	Non-structural protein
pfu	=	Plaque Forming Unit
pH	=	Potential of Hydrogen
RNA	=	Ribonucleic Acid
SD	=	Standard deviation
SVDV	=	Swine Vesicular Disease Virus
TCID	=	Tissue Culture Infective Dose
UV	=	Ultraviolet

การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณของการนำเข้าเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อย
เข้าสู่ฟาร์มสุกรปลอดโรคปากและเท้าเปื่อยที่ได้รับการรับรองจากกรมปศุสัตว์
ในเขตภาคตะวันออกของประเทศไทย

Quantitative Risk Assessment of the Introduction of Foot and Mouth Disease
Virus into Foot and Mouth Disease Free Pig Farms Certified by Department
of Livestock Development in the Eastern part of Thailand

คำนำ

เนื่องจากโรคปากและเท้าเปื่อยเป็นโรคที่สร้างความสูญเสียทางเศรษฐกิจให้แก่ประเทศไทยและเป็นประเด็นสำคัญในการกีดกันการค้าการส่งออกสินค้าปศุสัตว์จากประเทศไทย ทางกรมปศุสัตว์จึงได้มีนโยบายที่จะดำเนินการให้ภาคตะวันออกของประเทศไทยเป็นเขตปลอดโรคดังกล่าว ประกอบกับการผลิตสุกรในพื้นที่ดังกล่าวมีศักยภาพเพียงพอในการส่งออกไปยังต่างประเทศ ดังนั้นเพื่อเป็นการส่งเสริมการค้าและเพิ่มความเชื่อมั่นให้กับประเทศคู่ค้าผลิตภัณฑ์ต่างๆจากสุกร จึงจำเป็นต้องมีการประเมินความเสี่ยงการนำเข้าเชื้อดังกล่าวเข้าสู่ฟาร์มสุกรเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการวางแผนออกนโยบายหรือมาตรการต่างๆในการป้องกันโรคเข้าสู่ฟาร์มและมีหลักฐานทางวิชาการเพื่อยืนยันกับประเทศคู่ค้าต่อไป

วัตถุประสงค์

ประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณของการนำเข้าเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าสู่ฟาร์มสุกร
ปลอดโรคปากและเท้าเปื่อยที่ได้รับการรับรองจากกรมปศุสัตว์ในเขตภาคตะวันออกของประเทศไทย



การตรวจเอกสาร

โรคปากและเท้าเปื่อย

ข้อมูลทั่วไปของเชื้อ

โรคปากและเท้าเปื่อยเป็นโรคที่สามารถแพร่กระจายอย่างรวดเร็วทั้งในและระหว่างประเทศ ก่อให้เกิดความเสียหายและส่งผลกระทบต่อทางเศรษฐกิจได้อย่างมาก เชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยจัดอยู่ในสกุล Aphthovirus วงศ์ Picornaviridae เชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเป็นเชื้อไวรัสที่ไม่มีเปลือกหุ้ม (non-enveloped virus) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 26 นาโนเมตร ประกอบด้วยสารพันธุกรรม RNA ในช่วงที่มีการเพิ่มจำนวนในเซลล์สารพันธุกรรม RNA ของเชื้อไวรัสจะถูกแปลเป็น polypeptide ซึ่งจะถูกแยกได้ 2 ส่วนคือ non-structural protein (NSP) และ structural protein (Alexandersen *et al.*, 2003a)

เชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยสามารถจำแนกได้ 7 ซีโรไทป์ ได้แก่ O, A, C, Southern African Territories (SAT)1, SAT2, SAT3 และ Asia 1 สำหรับประเทศไทยเคยพบรายงานการระบาดของซีโรไทป์ O, A และ Asia 1 (วิไล และคณะ, 2551; Doughty *et al.*, 1995) ซึ่งในปัจจุบันทั้งสามซีโรไทป์ยังพบว่ามีกระบาดอยู่ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Madin, 2011) โรคปากและเท้าเปื่อยเป็นโรคที่ระบาดในหลาย ๆ ส่วนของโลกแต่ก็ยังมีบางบริเวณที่ปลอดจากการระบาดของโรคนี้ เช่น ทางตอนเหนือของทวีปอเมริกา ประเทศนิวซีแลนด์ ประเทศออสเตรเลีย เป็นต้น (Sutmoller *et al.*, 2003)

สัตว์ที่ไวต่อการติดเชื้อ

สัตว์ที่ไวต่อเชื้อมีได้แก่ สุกร และสัตว์ในกลุ่มสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โค กระบือ แพะ แกะ ซึ่งสัตว์แต่ละชนิดมีความไวต่อเชื้อ การแสดงอาการและความสามารถในการถ่ายทอดเชื้อไปยังสัตว์ตัวอื่นแตกต่างกัน (Aftosa, 2007) สำหรับสัตว์ชนิดอื่น ๆ นั้นพบว่าเม่นแคระไวต่อโรคปากและเท้าเปื่อยโดยพบว่าเม่นแคระจะเกิดตุ่มพองขึ้น เม่นแคระที่ติดเชื้อสามารถแพร่เชื้อติดไปยังเม่นแคระตัวอื่นผ่านลมหายใจออกได้ นอกจากนี้ตัว capybara (*Hydrochoerus hydrocheris*) ซึ่งเป็นสัตว์ฟันแทะขนาดใหญ่ที่อาศัยเป็นกลุ่มและอยู่ใกล้กับสัตว์ที่หากินตามทุ่งหญ้านั้นเคยแสดงอาการเป็น

ตุ่มขึ้นที่เท้าในช่วงเวลา 72-96 ชั่วโมงภายหลังจากการติดเชื้อและเชื้อไวรัสจะขับออกทางอุจจาระเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 10 วันภายหลังจากติดเชื้อ

ระยะพักตัวของโรค

โดยทั่วไปแล้วระยะพักตัวของโรคอยู่ในช่วง 2-14 วัน (Alexandersen *et al.*, 2003a) แต่ในการศึกษาของ Quan และคณะในปี 2009 ระยะพักตัวของโรคปากและเท้าเปื่อยในสุกรอยู่ที่ 1-10 วัน ซึ่งสุกรสามารถแสดงอาการได้เร็วภายใน 1 วันหลังการติดเชื้อ (Parida *et al.*, 2007; Mohamed *et al.*, 2011) นอกจากนี้ยังพบว่าการติดเชื้อจากสุกรไปสุกรจากการสัมผัสกันโดยตรงพบว่ามียะระยะพักตัวของโรคเฉลี่ยอยู่ที่ 1-3 วัน (Alexandersen *et al.*, 2003b) การได้รับเชื้อปริมาณมากจะทำให้ระยะเวลาก่อนที่สุกรจะเริ่มแสดงอาการของโรคหลังได้รับเชื้อสั้นลง (Quan *et al.*, 2004) ระยะพักตัวของโรคมีความผันแปรสูงโดยขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย อาทิเช่น ช่องทางการได้รับเชื้อ ชนิดของสัตว์ ชนิดของเชื้อ ปริมาณเชื้อที่ได้รับและการจัดการสภาพแวดล้อมความเป็นอยู่ของสัตว์ (Alexandersen *et al.*, 2003b; Quan *et al.*, 2009)

อาการของโรค

สัตว์ที่เป็นโรคปากและเท้าเปื่อยจะแสดงอาการไข้สูง มีไข้อย่างฉับพลัน พบตุ่มน้ำที่บริเวณปากและเท้า เดินหรือลุกยืนลำบาก อาการเจ็บและร้อนบริเวณเท้าอาจจะพบได้ก่อนที่จะปรากฏรอยโรคตุ่มน้ำ 1-2 วัน ตุ่มน้ำอาจจะพบได้บริเวณจมูกหรือปากของสัตว์ ห้วนนม เต้านม บริเวณอวัยวะเพศและผิวหนังบริเวณอื่น ๆ อาการมักจะรุนแรงในสุกร อาการที่พบเริ่มต้นในสุกรได้แก่ เจ็บขาอย่างฉับพลัน ยืนลำบาก ซึม เบื่ออาหารและมีไข้ สำหรับโคอาการที่พบได้บ่อยคือ น้ำลายไหล และมีรอยโรคเกิดขึ้นที่ปาก สำหรับแกะและแพะอาจมีอาการรุนแรงแต่ส่วนมากแล้วอาการมักจะรุนแรงน้อยกว่าสุกรและโค (Alexandersen *et al.*, 2003a) โดยความรุนแรงของอาการขึ้นกับหลายปัจจัย อาทิเช่น ปริมาณเชื้อที่ได้รับ ช่องทางที่เชื้อเข้าสู่ร่างกาย สายพันธุ์ของเชื้อ ชนิดของสัตว์และการจัดการสภาพแวดล้อมความเป็นอยู่ของสัตว์ (Quan *et al.*, 2009)

การแพร่กระจายเชื้อ

เชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยสามารถแพร่ได้ทั้งการสัมผัสโดยตรงระหว่างสัตว์ไปสัตว์ เช่น ในระหว่างการขนส่ง ตลาดค้าสัตว์ และการสัมผัสทางอ้อมผ่านวัตถุที่ปนเปื้อนต่าง ๆ เช่น ยานพาหนะ เครื่องมือต่าง ๆ สิ่งปฏิกูลนอน คน ผลิตภัณฑ์จากสัตว์ เช่น เนื้อ เครื่องในสัตว์ นํ้านม โดยเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยสามารถแพร่เชื้อผ่านทางส่วนประกอบของรอยโรค นํ้าลาย นํ้านม อุจจาระ ปัสสาวะ นํ้าเชื้อ สารคัดหลั่งจากจมูกและลมหายใจออก (Sutmoller *et al.*, 2003) การแตกของตุ่มนํ้าในช่องปากและลิ้นเป็นผลให้พบเชื้อในนํ้าลาย และเชื้อที่พบในอุจจาระอาจจะมีมาจากการเชื้อในนํ้าลายที่ปะปนมา สำหรับการที่พบเชื้อในปัสสาวะอาจจะมีมาจากการปนเปื้อนจากสารคัดหลั่งจากระบบสืบพันธุ์ ซึ่งในนํ้าเชื้อจากโคสามารถพบเชื้อได้หลายวันก่อนที่จะเริ่มแสดงอาการจนกระทั่งถึงวันที่ 10 หลังจากการติดเชื้อ และโคสาวที่ผสมด้วยนํ้าเชื้อที่ปนเปื้อนเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยอาจจะเกิดการติดเชื้อขึ้นได้ (Pharo, 2002) ปริมาณเชื้อที่สุกรและโคปล่อยออกผ่านช่องทางต่าง ๆ ที่ระยะของโรคต่าง ๆ มีความแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ช่องทางที่สัตว์แพร่เชื้อ ระยะของโรคที่สัตว์แพร่เชื้อและปริมาณเชื้อ

ชนิดสัตว์	ช่องทางการแพร่เชื้อ	ระยะของโรค	ปริมาณเชื้อ
สุกร	ผิวหนัง (ลักษณะทางจุลกายวิภาคปกติ)	ก่อนแสดงอาการ (1-4 วันหลังได้รับเชื้อ)	10^9 TCID ₅₀ /กรัม
	คอหอย	ก่อนแสดงอาการ (1-4 วันหลังได้รับเชื้อ)	$10^5 - 10^6$ TCID ₅₀ /กรัม
โค	เยื่อของตุ่มนํ้า	ช่วงที่มีอาการชัดเจนที่สุด	$10^{9.6}$ TCID ₅₀ /กรัม
	นํ้าลาย	หลายชั่วโมงก่อนเริ่มแสดงอาการ	$10^2 - 10^{3.75}$ TCID ₅₀ /มิลลิลิตร
	นํ้าลาย	ช่วงที่มีอาการชัดเจนที่สุด	$10^{5.25} - 10^{8.5}$ TCID ₅₀ /มิลลิลิตร
	นํ้านม	ก่อนแสดงอาการ (รวมถึงช่วง 4 วันก่อนแสดงอาการ)	$10^{6.6}$ TCID ₅₀ /กรัม

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ชนิดสัตว์	ช่องทางการแพร่เชื้อ	ระยะของโรค	ปริมาณเชื้อ
โค	น้ำเชื้อ	ช่วงที่มีอาการชัดเจนที่สุด	$10^{6.2}$ TCID ₅₀ /มิลลิลิตร
	กลัมน้ำหัวใจ	ช่วงที่มีอาการชัดเจนที่สุด	$10^{10.0}$ pfu/กรัม
	ต่อมหมวกไต	-	$10^{10.6}$ pfu/กรัม
	ต่อมน้ำเหลือง	-	$10^{8.2}$ pfu/กรัม
	เลือด	-	$10^{5.6}$ TCID ₅₀ /กรัม
	ตับ	-	$10^{3.6}$ TCID ₅₀ /กรัม
	ผิวหนัง	นาน 5 วันหลังพ้นระยะช่วงที่มีเชื้อ ไวรัสกระจายในกระแสเลือด	$10^{3.6}$ pfu/กรัม

ที่มา: Pharo (2002)

ช่วงที่มีความสามารถในการแพร่เชื้อมักจะเริ่มตั้งแต่ช่วง 24 ชั่วโมงแรกก่อนที่จะแสดงอาการและลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 5-7 วันหลังแสดงอาการซึ่งสอดคล้องกันกับการลดลงของระดับของเชื้อไวรัสและการเริ่มพัฒนาแอนติบอดี แอนติบอดีในซีรัมจะไปยับยั้งการเพิ่มจำนวนของไวรัส การเกิดรอยโรคและการปล่อยออกของเชื้อ (Donaldson *et al.*, 2001; Suttmoller *et al.*, 2003) ปริมาณเชื้อไวรัสที่ปล่อยออกมาจะสูงในช่วงวันที่ 2-4 วันหลังจากการทำให้สุกรติดเชื้อ สุกรจะสามารถตรวจพบแอนติบอดีได้ในช่วง 6-8 วันหลังจากการทำให้สุกรติดเชื้อ โดยที่สารพันธุกรรมของเชื้อจะคงอยู่ในต่อมทอนซิลนานได้ถึง 33-36 วันภายหลังจากการทำให้สุกรติดเชื้อ (Mohamed *et al.*, 2011)

ปริมาณการปล่อยออกของเชื้อไวรัสจากสุกรที่ติดเชื้อที่จะถูกแสดงด้วยหน่วย TCID₅₀ ซึ่งเป็นปริมาณของเชื้อไวรัสที่ใช้ในการทำให้เซลล์เนื้อเยื่อที่เพาะเลี้ยงเกิดการติดเชื้อมาก่อนจะเป็นที่ร้อยละ 50 และมักจะแสดงในรูปของค่าล็อกการิทึมและมักจะหมายถึงในช่วงระยะเวลา 1 วัน ซึ่งในกรณีนี้มักจะถูกแสดงด้วยตัวย่อ $\log_{10}$ TCID₅₀ d⁻¹ (Mayer *et al.*, 2008)

อัตราการแพร่ขึ้นกับหลายปัจจัย อาทิเช่น ปริมาณเชื้อที่ได้รับ ช่องทางที่เชื้อเข้าสู่ร่างกาย สายพันธุ์ของเชื้อ ชนิดของสัตว์ การจัดการสภาพแวดล้อมความเป็นอยู่ของสัตว์และระยะที่สัตว์แสดงอาการ (Mayer *et al.*, 2008; Quan *et al.*, 2009) สัตว์ที่ไม่แสดงอาการจะปล่อยเชื้อในปริมาณที่น้อยกว่าสัตว์ที่แสดงอาการ สุกรเป็นสัตว์ที่แพร่เชื้อทางอากาศสูงที่สุดเมื่อเทียบกับโคและแกะ แต่สุกรเป็นสัตว์ที่ค่อนข้างทนต่อการติดเชื้อทางอากาศ สำหรับโคซึ่งเป็นสัตว์ที่ปล่อยเชื้อทางอากาศน้อยเมื่อเทียบกับสุกรแต่ไวต่อการติดเชื้อทางอากาศมากกว่าสุกร (Alexandersen *et al.*, 2003a) แต่พบว่าโคมีปริมาณการปล่อยเชื้อรวมทั้งหมดผ่านช่องทางต่าง ๆ ทั้งจากรอยรอยโรค น้ำลาย น้ำนม อุจจาระ ปัสสาวะและอากาศสูงที่สุด ดังนั้นโคน่าจะเป็นตัวหลักที่ทำให้สิ่งแวดล้อมเกิดการปนเปื้อน (Satmoller *et al.*, 2003)

สุกรจะแพร่เชื้อทางอากาศตลอดระยะเวลา 4-5 วัน โดยจะขับเชื้อออกมาสูงที่สุดในช่วงระยะแรกหลังจากเริ่มแสดงอาการแบบจับปล้น (Donaldson *et al.*, 2001) สุกรที่ติดเชื้อจากการได้รับเชื้อในปริมาณที่น้อยพบว่าจะเริ่มปล่อยเชื้อทางอากาศช้าออกไปแต่จะปล่อยเชื้อทางอากาศในปริมาณที่มากกว่า (Gloster *et al.*, 2008) ปริมาณเชื้อที่สุกรปล่อยออกทางอากาศต่างกันขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของเชืวดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยที่สุกรปล่อยทางอากาศต่อวัน

สายพันธุ์ของเชื้อ	ปริมาณเชื้อ (log TCID ₅₀ /24 ชั่วโมง)
C Noville	7.6-8.6
O Lausannae	6.4
O UKG 2001	6.1
O Taiwan 1997	4.4
O South Korea 2000	5.8

ที่มา: Gloster *et al.* (2008)

การติดต่อ

เชื้อไวรัสสามารถติดต่อผ่านบาดแผล รอยถลอกของเยื่อบุช่องปาก เหงา หรือเต้านม หรือผ่านทางเยื่อเมือก หรือผ่านละอองเล็ก ๆ ที่ระบบทางเดินหายใจ จากการทดลองให้เชื้อเข้าทางปอดโคพบว่าเชื้อจะเพิ่มจำนวนในเนื้อเยื่อปอดและผ่านเข้าสู่กระแสเลือดและระบบน้ำเหลือง จากนั้นเชื้อจะแพร่กระจายไปทั่วร่างกายและเข้ายังหลายจุดของร่างกาย อาทิเช่น เยื่อบุคอหอย ช่องปาก เหงาและเต้านม โดยเหตุการณ์เหล่านี้เกิดขึ้นก่อนที่สัตว์จะเริ่มแสดงอาการ ไวรัสสามารถเพิ่มจำนวนได้หลายจุดในร่างกายและมักจะพบรอยโรคที่ตำแหน่งเหล่านั้น ซึ่งได้แก่ ช่องปาก เหงา เต้านมและหัวใจ หากเชื้อฝังตัวเข้าไปในต่อมน้ำนมจะพบเชื้อเป็นปริมาณมากในน้ำนมได้และจะพบอาการเต้านมอักเสบ 2-4 วันก่อนแสดงอาการของโรคปากและเหงาเปื่อย การใส่เชื้อเข้าทางช่องจมูกจะพบเชื้อในน้ำนมได้เมื่อพบรอยโรคทั่วตัวแล้ว (Sutmoller *et al.*, 2003; Donaldson *et al.*, 2001)

ปริมาณเชื้อไวรัสต่ำสุดที่ทำให้เกิดการติดเชื้อ (MID: minimum infective dose) หมายถึงปริมาณเชื้อไวรัสต่ำสุดที่สามารถทำให้เกิดการติดเชื้อ หากปริมาณเชื้อน้อยกว่าปริมาณดังกล่าวจะไม่เกิดการติดเชื้อขึ้นเช่นเดียวกับปริมาณน้อยสุดที่ไม่ทำให้เกิดอันตรายซึ่งใช้ทางรังสีและสารเคมี อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณของเชื้อไวรัส สามารถเกิดขึ้นได้หากเกิดการติดเชื้อไวรัสเพียงหนึ่งอนุภาคอย่างถูกตำแหน่งและถูกช่วงเวลา เชื้อจะแทรกเข้าสู่เซลล์และเพิ่มจำนวนไวรัสออกมามากมาย เชื้อไวรัสที่เพิ่มขึ้นมาใหม่เหล่านี้จะแทรกตัวเข้าไปติดเซลล์อื่น ๆ และนำไปสู่การเกิดโรคในที่สุด ปริมาณเชื้อที่มากจะเพิ่มโอกาสเข้าถึงและแทรกตัวเข้าไปยังเซลล์ที่อ่อนแอ การพบของเซลล์จำนวนมากกับเชื้อปริมาณต่ำอาจนำไปสู่การติดเชื้อเหล่านั้นอย่างน้อยหนึ่งเซลล์ได้ (Sutmoller *et al.*, 2003)

ช่องทางการติดต่อและปริมาณเชื้อ

การให้เชื้อผ่านเข้าหนัง (intradermal route) เป็นช่องทางที่เชื้อถือได้มากที่สุดสำหรับการฉีดเชื้อเข้าตัวสัตว์และใช้ปริมาณเชื้อน้อยที่สุด (Quan *et al.*, 2009) หากโคได้รับเชื้อเพียง 1 IU (infectious unit) ผ่านทางเยื่อบุผิวล้นอาจจะเกิดการติดเชื้อขึ้นได้ในขณะที่ต้องการเชื้อ 10-100 IU ในการทำให้เกิดการติดเชื้อผ่านระบบทางเดินหายใจ สุนัขต้องการเชื้อเพียง 1-10 IU เข้าที่ลิ้นเท่านั้นจะทำให้เกิดการติดเชื้อขึ้น ในขณะที่การติดเชื้อผ่านทางช่องจมูกต้องการเชื้อสูงถึง 1000 IU

หรือมากกว่า แกะต้องการเชื้อสูงถึง 10000 IU ในการทำให้ติดเชื้อผ่านทางช่องจมูกหรือหลอดลม ซึ่งแกะเป็นสัตว์ที่มีความไวและความสามารถในการปล่อยเชื้อออกต่ำเมื่อเทียบกับโคและสุกร (Sutmoller *et al.*, 2003) แม้ว่าสุกรจะเป็นสัตว์ที่ทนต่อการติดเชื้อทางอากาศมากกว่าโคและแกะ (ตารางที่ 3) แต่สุกรเป็นสัตว์ที่ค่อนข้างไวต่อการติดเชื้อทางปากหรือโดยการกิน (Alexandersen *et al.*, 2003a) สุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีส่วนประกอบของเนื้อ เครื่องในสัตว์ นำนมจัดได้ว่ามีความเสี่ยงที่จะเกิดการติดเชื้อ (Pharo, 2002) เนื่องจากสุกรที่มีการกลอกของเยื่อในช่องปากอาจจะเกิดการติดเชื้อโรคปากและเท้าเปื่อยจากเชื้อในปริมาณเพียงเล็กน้อยได้ (Alexandersen *et al.*, 2003a)

ตารางที่ 3 ปริมาณเชื้อไวรัสต่ำสุดที่สามารถทำให้เกิดการติดเชื้อของโค แกะและสุกรผ่านช่องทางการติดเชื้อต่าง ๆ

ชนิดสัตว์	การหายใจ	ผิวหนัง	กล้ามเนื้อ	ช่องจมูก	การกิน
โค	10	100	10^4	10^4 - 10^5	10^5 - 10^6
แกะ	10	100	10^4	10^4 - 10^5	10^5 - 10^6
สุกร	>800	100	10^4	ไม่มีข้อมูล	10^4 - 10^5

ที่มา: Alexandersen *et al.* (2003a)

สุกรต้องได้รับเชื้อมากกว่า 800 TCID₅₀ จึงจะทำให้เกิดการติดเชื้อผ่านการหายใจและแสดงอาการ หากได้รับเชื้อประมาณ 300 TCID₅₀ จะทำให้เกิดการติดเชื้อแบบไม่แสดงอาการเป็นช่วงระยะเวลาสั้น ๆ และถ้าหากได้รับเชื่อน้อยกว่า 100 TCID₅₀ ไม่สามารถทำให้สุกรเกิดการติดเชื้อผ่านการหายใจได้ (Alexandersen, Brotherhood and Donaldson, 2002)

ปริมาณเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยต่ำที่สุดที่ทำให้สุกรร้อยละ 50 เกิดการติดเชื้อ (MID₅₀) สำหรับเชื้อสายพันธุ์ O SKR 2000 ทางอากาศคืออย่างน้อย 1000 TCID₅₀ สำหรับเชื้อสายพันธุ์ O₁ Lausanne อาจสูงถึง 6000 TCID₅₀ และในการทดลองกับเชื้อสายพันธุ์ O SKR 2000 พบว่าเชื้อประมาณ 650 TCID₅₀ ไม่สามารถทำให้สุกรเกิดการติดเชื้อได้ (Alexandersen and Donaldson, 2002) นอกจากนี้ยังมีการทดลองที่พบว่าเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยซีโร

ไทป์ O จากทางตอนใต้ของเกาหลี (O South Korea strain) พบว่าสุกรที่ได้รับเชื้อผ่านอากาศ ประมาณ 650 TCID₅₀ ทั้ง 10 ตัวไม่ปรากฏอาการป่วย ในขณะที่ใช้เชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อย สายพันธุ์ O1 Lausanne และเพิ่มปริมาณเชื้อเป็น 2000 TCID₅₀ พบว่ามีสุกร 1 ตัวแสดงอาการของโรคจากสุกรทั้งหมด 8 ตัว (Donaldson *et al.*, 2001)

การป้องกันโรคโดยใช้วัคซีน

การป้องกันโรคโดยการทำวัคซีนมีข้อจำกัดคือภูมิคุ้มกันภายหลังจากการติดเชื้อหรือ ภายหลังจากการได้รับวัคซีนนั้นไม่สามารถให้ป้องกันข้ามซีโรไทป์ได้ (Alexandersen *et al.*, 2003a) แม้ว่าการทำวัคซีนไม่สามารถให้การป้องกันการติดเชื้อหรือแสดงอาการได้อย่างสมบูรณ์ แต่วัคซีนสามารถลดความรุนแรงของอาการ ลดการปล่อยเชื้อออกและการสร้างแอนติบอดีต่อ non-structural FMDV ได้ในสุกรที่เคยทำวัคซีนมาก่อนการติดเชื้อ (Parida *et al.*, 2007) สัตว์ที่ผ่านการทำวัคซีนแล้วต่อมาภายหลังเกิดการติดเชื้อจะมีโอกาสถ่ายทอดเชื้อในระดับที่ต่ำมาก (Sutmoller *et al.*, 2003) การศึกษาของ Eble และคณะในปี 2004 ได้แสดงให้เห็นว่าการทำวัคซีนสามารถช่วยลดการแพร่กระจายเชื้อได้ (Eblé *et al.*, 2004) การทำวัคซีนสามารถช่วยลดความรุนแรงของอาการของโรค ปริมาณเชื้อไวรัสที่ปล่อยออกและการสร้างแอนติบอดีต่อ non-structural FMDV ในสุกรกลุ่มที่มีการทำวัคซีนและติดเชื้อในเวลาต่อมา นอกจากนี้ยังพบว่าการลดลงของการเพิ่มจำนวนและการปล่อยออกของเชื้อไวรัสจากการทำวัคซีนมีความสัมพันธ์กับความรุนแรงของอาการของโรค (Parida *et al.*, 2007)

การติดเชื้อภายหลังการทำวัคซีนโดยไม่แสดงอาการ (sub-clinical) พบได้ยากแต่ถ้าเกิดขึ้นไม่ได้บ่งชี้ว่าจะสามารถตรวจพบ NSP ได้ การที่ไม่สามารถตรวจพบแอนติบอดีต่อ NSP เนื่องจากมีการเพิ่มจำนวนเชื้อไวรัสในระดับต่ำในสัตว์ที่ผ่านการทำวัคซีนมาก่อนซึ่งจะไม่สามารถทำให้เกิดการติดเชื้อในสัตว์ที่มาสัมผัสและผ่านการทำวัคซีนมาก่อน นอกจากนี้สุกรยังสามารถเกิดการติดเชื้อแบบไม่แสดงอาการได้ (sub-clinical infection) ได้อีกด้วย (Parida *et al.*, 2007)

การทำวัคซีนมีผลต่อการแสดงอาการและการปล่อยเชื้อในลูกสุกรและสัตว์ชนิดอื่น ๆ ลูกสุกรในกลุ่มทดลองที่เคยได้รับการทำวัคซีนจะมีจำนวนลูกสุกรที่มีการปล่อยเชื้อก่อนแสดงอาการ

ของโรคนี้ต่ำกว่าแต่สามารถพบลูกสุกรที่มีการปล่อยเชื้อหลังแสดงอาการ อย่างไรก็ตามการทำวัคซีนในลูกสุกรส่งผลให้ลูกสุกรในกลุ่มที่เคยได้รับการทำวัคซีนมีจำนวนลูกสุกรในกลุ่มที่ปล่อยเชื้อโดยไม่แสดงอาการได้อีกด้วย (ตารางที่ 4) นอกจากนี้การทำวัคซีนในลูกสุกรยังส่งผลให้ช่วงระยะเวลาปล่อยเชื้อในช่วงที่ไม่แสดงอาการสูงขึ้นแต่ระยะเวลาที่ปล่อยเชื้อรวมทั้งหมดสั้นลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มลูกสุกรที่ไม่ได้รับการทำวัคซีน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงแสดงถึงความแปรปรวนของผลที่ได้สูง ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 4 ผลการทดลองแสดงจำนวนสัตว์ที่จำแนกโดยการแสดงอาการและการขับเชื้อของสัตว์ของสัตว์ชนิดต่าง ๆ ที่ได้รับการทำวัคซีนและไม่ผ่านการทำวัคซีน

ชนิดสัตว์	ลูกโค		โคนม		แกะ		ลูกสุกร	
	ก	ข	ก	ข	ก	ข	ก	ข
ก = ไม่ได้ทำวัคซีน								
ข = ผ่านการทำวัคซีน								
มีการปล่อยเชื้อ	16	9	20	0	16	6	20	18
- ก่อนแสดงอาการ	11	0	18	0	12	0	20	9
- หลังแสดงอาการ	2	1	2	0	0	0	0	1
- ไม่แสดงอาการ	3	8	0	0	4	6	0	8
ไม่มีการปล่อยเชื้อออก	8	15	0	20	8	18	0	2
- แสดงอาการ	3	0	0	0	0	0	0	0
- ไม่แสดงอาการ	5	15	0	20	8	18	0	2
รวม (ตัว)	24	24	20	20	24	24	20	20

ที่มา: Orsel *et al.* (2009)

ตารางที่ 5 ระยะเวลาที่สัตว์แต่ละชนิดปล่อยเชื้อ (รายงานค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน SD)

ชนิดสัตว์	ช่วงไม่แสดงอาการ (วัน)	ตลอดการทดลอง (วัน)
ลูกโคที่ไม่ได้รับการทำวัคซีน	2.58 ± 2.87	3.92 ± 4.11
ลูกโคที่ผ่านการทำวัคซีน	0.67 ± 1.27	1.04 ± 2.11
โคนมที่ไม่ได้รับการทำวัคซีน	1.95 ± 1.23	6.55 ± 1.10
โคนมที่ผ่านการทำวัคซีน	ไม่พบเชื้อไวรัส	ไม่พบเชื้อไวรัส
แกะที่ไม่ได้รับการทำวัคซีน	3.20 ± 3.65	6.63 ± 6.00
แกะที่ผ่านการทำวัคซีน	1.20 ± 3.05	1.20 ± 3.05
ลูกสุกรที่ไม่ได้รับการทำวัคซีน	2.15 ± 1.27	5.05 ± 1.82
ลูกสุกรที่ผ่านการทำวัคซีน	3.20 ± 2.10	3.95 ± 2.01

ที่มา: Orsel *et al.* (2009)

ภาวะการเป็นพาหะ

สัตว์ที่ยังคงมีเชื้ออยู่บริเวณลำคอเป็นเวลานานกว่า 4 สัปดาห์หลังจากติดเชื้อถูกเรียกว่าพาหะหรือ carrier (Sutmoller *et al.*, 2003) ช่วงระยะเวลาที่เป็นพาหะของสัตว์ขึ้นอยู่กับสัตว์แต่ละตัว ชนิดของสัตว์ และสายพันธุ์ของเชื้อ เชื้อสามารถคงอยู่ได้นาน 9 เดือนในแกะ นาน 4 เดือนในแพะ โคส่วนใหญ่เชื้อยังคงอยู่ได้นาน 6 เดือนหรือน้อยกว่าแต่บางตัวอาจได้นานถึง 3.5 ปี (Aftosa, 2007) แกะและแพะพบว่าเป็นพาหะน้อยกว่าโคและมีช่วงระยะเวลาที่เป็นพาหะสั้นกว่าโค สำหรับสุกรที่เคยทำวัคซีนหรือหายจากโรคไม่เคยพบว่ากลายเป็นพาหะ หลาย ๆ การทดลองได้พยายามที่จะแสดงให้เห็นว่าสัตว์พาหะสามารถทำให้เกิดโรคให้แก่ตัวอื่นได้ อย่างไรก็ตามการสัมผัสสัตว์ที่ไวต่อการติดเชื้อนี้ (เช่น โคและสุกร) กับสัตว์พาหะไม่สามารถทำให้เกิดโรคได้แม้แต่การทำให้สัตว์ที่ไวต่อโรคเกิดความเครียดด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น การทำให้กีบสุกรเกิดความบาดเจ็บเพื่อทำให้มีช่องทางที่เชื้อสามารถเข้าไปได้ (Sutmoller *et al.*, 2003) นอกจากนี้ไม่มีหลักฐานที่แสดงให้เห็นว่าความเครียดสามารถเพิ่มการปล่อยเชื้อได้อย่างเช่นโรคติดเชื้ออื่น ๆ ดังเช่น herpesvirus เป็นต้น สุกรจะหายจากการติดเชื้อภายใน 3-4 สัปดาห์โดยที่ไม่กลายเป็น carrier (Alexandersen, Zhang and Donaldson, 2002) สุกรที่เคยผ่านการทำวัคซีนและหายจากอาการ

ของโรคในระบะดับพลัน (acute infection) จะพบเพียงสารพันธุกรรมของเชื้อไวรัส (viral RNA) ที่คอยแต่ไม่ใช่ตัวเชื้อไวรัสที่สามารถทำให้เกิดการติดเชื้อได้ (Parida *et al.*, 2007)

ความคงทนของเชื้อ

การระบาดของโรคมักจะสามารถควบคุมได้โดยการกักสัตว์ ควบคุมการเคลื่อนย้าย ทำลายสัตว์ป่วยและสัตว์ที่เกี่ยวข้อง ทำความสะอาดและฆ่าเชื้อสิ่งปนเปื้อนเชื้อ สารฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อได้แก่ 2% sodium hydroxide, 4% sodium carbonate และ 0.2% citric acid แต่สำหรับ iodophore, quaternary ammonium compounds, hypochlorite และ phenols ไม่มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออยู่ในสารอินทรีย์ (Aftosa, 2007)

การทดลองของ Shirai และคณะ (2000) ได้ทำการทดสอบผลของสารฆ่าเชื้อ 3 ชนิด ได้แก่ คลอรีน (sodium hypochlorite) ไอโอดีน (potassium tetraglycine triiodide) และ quaternary ammonium compound (didecyldimethylammonium chloride) กับเชื้อไวรัสทั้งกลุ่มที่มีเปลือกหุ้ม (enveloped virus) ซึ่งได้แก่เชื้อ vesicular stomatitis virus, African swine fever virus, equine viral arteritis virus และ porcine reproductive and respiratory syndrome virus และกลุ่มที่ไม่มีเปลือกหุ้ม (non-enveloped virus) ซึ่งได้แก่ swine vesicular disease virus (SVDV) และ African horse sickness virus (AHSV) พบว่าคลอรีนมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อไวรัสยกเว้นเชื้อ SVDV ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.030 - 0.0075 โดยพบว่าคลอรีนจะมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อเพิ่มขึ้นเมื่อมีใช้ที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้น ในขณะที่ไอโอดีนมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้ออย่างมากที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.015 - 0.0075 แต่ไม่พบว่าประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจะสูงขึ้นเมื่อใช้ในระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น จำนวนไวรัสที่ถูกทำให้หมดฤทธิ์จะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้สารละลายคลอรีนที่ความเข้มข้นสูงขึ้น

สำหรับสาร quaternary ammonium compound มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้ออย่างมากที่ความเข้มข้นต่ำร้อยละ 0.003 กับเชื้อไวรัสทั้งกลุ่มที่มีเปลือกหุ้มทั้ง 4 ชนิดและเชื้อ AHSV แต่จะมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อ SVDV เมื่อมี NaOH ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.050 อยู่ด้วยเท่านั้น

การสังเกตภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแสดงถึงกลไกการออกฤทธิ์ที่เป็นไปได้ของสารฆ่าเชื้อแต่ละชนิดพบว่าคลอรีนทำให้อนุภาคของเชื้อไวรัสเสื่อมสลายไปอย่างสมบูรณ์และยังทำลายกรดนิวคลีอิกของเชื้อไวรัส ไอโอดีนจะเน้นทำลายที่ส่วนประกอบด้านในของตัวเชื้อซึ่งรวมถึงกรดนิวคลีอิกของเชื้อไวรัส สำหรับสาร quaternary ammonium compound ทำให้เกิดการลอกหลุดของเปลือกหุ้มตัวไวรัสและเกิด micelle ขึ้นในกลุ่มไวรัสที่ไม่มีเปลือกหุ้ม เชื้อ SVDV อยู่ในกลุ่ม family picornaviruses เช่นเดียวกับเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยและเป็นสาเหตุของโรคที่ใกล้เคียงกับโรคปากและเท้าเปื่อย แต่เชื้อ SVDV จะมีความทนทานต่อสารเคมีและสารฆ่าเชื้อมากกว่าเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อย ผลของไอโอดีนในการฆ่าเชื้อไวรัส SVDV อยู่ในระยะเวลา 5 นาที แต่สำหรับสารฆ่าเชื้ออื่น ๆ ระยะเวลาที่ใช้คือ 60 นาที (Shirai *et al.*, 2000) ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ประสิทธิภาพของสารฆ่าเชื้อ 3 ชนิด ในการฆ่าเชื้อ SVDV ในช่วงระยะเวลา 60 นาที

สารฆ่าเชื้อ	ร้อยละของเชื้อไวรัสที่ถูกทำให้หมดฤทธิ์ ที่ระยะเวลาต่าง ๆ (นาที)				
	1	5	10	30	60
คลอรีน 0.060 %	42	50	66	100	100
ไอโอดีน 0.015 %	82	100	100	100	100
quaternary ammonium compound	59	62	70	79	100

ที่มา: Shirai *et al.* (2000)

การทดลองประสิทธิภาพของสารฆ่าเชื้อในกลุ่มสารประกอบไอโอดีน คลอรีนและสารอนุพันธ์ สารประกอบแอลดีไฮด์ สารประกอบของฟีนอลและสารประกอบ quaternary ammonium compounds พบว่าสารฆ่าเชื้อไอโอดีนและคลอรีนมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยได้ โดยสารฆ่าเชื้อคลอรีนมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อรุนแรงกว่าสารฆ่าเชื้อไอโอดีน นอกจากนี้แล้วสารฆ่าเชื้อแอลดีไฮด์มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยได้เช่นกัน แต่สำหรับสารฆ่าเชื้อสารประกอบของฟีนอลและสารประกอบ quaternary ammonium compounds นั้นไม่มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อย การศึกษานี้ยังได้ศึกษาความไวของเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยในสภาพที่เป็นกรดและในสภาพ

ที่เป็นด่างพบว่าเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยจะถูกทำลายในสภาพที่เป็นด่าง pH สูงกว่า 11.22 และในสภาพที่เป็นกรดที่ pH ต่ำกว่า 6.52 (Shirai, 2012) เชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยมีความทนทานที่อุณหภูมิค่อนข้างต่ำ pH เป็นกลาง ดังตารางที่ 7 และ 8

ตารางที่ 7 ผลของอุณหภูมิในการทำให้เชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยหมดฤทธิ์ (ที่ pH 7.5)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาที่ทำให้เชื้อหมดฤทธิ์ร้อยละ 90
61	30 วินาที
55	2 นาที
49	1 ชั่วโมง
43	7 ชั่วโมง
37	21 ชั่วโมง
20	11 วัน
4	18 สัปดาห์

ที่มา: Pharo (2002)

ตารางที่ 8 ผลของค่าความเป็นกรดและด่างในการทำให้เชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยหมดฤทธิ์ (ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส)

ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH)	ระยะเวลาที่ทำให้เชื้อหมดฤทธิ์ร้อยละ 90
10.0	14 ชั่วโมง
9.0	1 สัปดาห์
8.0	3 สัปดาห์
7.0-7.5	มากกว่า 5 สัปดาห์
6.5	14 ชั่วโมง
6.0	1 นาที
5.0	1 วินาที

ที่มา: Pharo (2002)

เชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยสามารถอยู่รอดบนขนสัตว์ได้นานถึง 3 วัน ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสและนานถึง 72 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (Botner and Belsham, 2012) อย่างไรก็ตามมีการศึกษาที่พบว่าเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยสายพันธุ์จากประเทศไทยทนร้อนน้อยกว่าสายพันธุ์จากต่างประเทศที่มีการรายงาน (Kamoliripichai et al., 2007)

การศึกษาโดยทำให้เชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยหมดฤทธิ์ (inactivation) โดยใช้แสง UV ส่องผ่านไปยังเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยซึ่งละลายอยู่ในสารละลาย phosphate-buffered saline (PBS) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสพบว่าเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยในสารละลายสามารถถูกทำให้หมดฤทธิ์ได้ด้วยการฉายแสง UV (Nuanualsuwan et al., 2008)

การแพร่กระจายเชื้อผ่านปัจจัยต่าง ๆ

เชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยสามารถแพร่กระจายเชื้อผ่านสิ่งนำเชื้อหรือปัจจัยต่าง ๆ ได้ โดยนอกเหนือไปจากการนำเชื้อโดยสัตว์กับคู่ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตแล้ว เชื้อไวรัสยังสามารถถูกนำพาไปพร้อมกับสิ่งไม่มีชีวิตและสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ๆ ได้อีก เช่น น้ำ นม เนื้อมนุษย์ อากาศ สัตว์พาหะชนิดต่าง ๆ และคนได้อีกด้วย

น้ำ

น้ำสามารถเป็นตัวนำเชื้อได้ จากการศึกษาก่อนการประเมินโอกาสที่โคนมกินเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยที่ปนเปื้อนในน้ำจากการเทนมลงสู่ท่อระบายน้ำโดยได้เก็บข้อมูลตั้งแต่การหมดฤทธิ์ (inactivation) ของเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยในของเหลว ปริมาณความเข้มข้นของเชื้อในน้ำนม การเจือจางกับน้ำในท่อระบายน้ำ การนำเชื้อออกจากน้ำในขั้นตอนการบำบัดน้ำ การเจือจางกับน้ำที่ผิวหน้า อัตราความต้องการบริโภคน้ำของโคนม ขนาดของฝูงและปริมาณเชื้อที่ทำให้เกิดการติดเชื้อจากการกิน พบว่ามีความเสี่ยงสูงที่โคนมฟาร์มอื่น ๆ ที่อยู่ใกล้เคียงออกไปอีก 6-50 กิโลเมตรจะได้รับเชื้อในระยะเวลา 1 วัน แสดงให้เห็นว่าน้ำเป็นอีกหนึ่งปัจจัยของการติดต่อถ่ายทอดเชื้อที่สำคัญ (Schijven et al., 2005)

การอยู่รอดของเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยในสิ่งปฏิกูลจากสุกรในสภาวะ anaerobic ที่อุณหภูมิ 4 พบว่าเชื้อไวรัสถูกทำให้หมดฤทธิ์อย่างรวดเร็วในช่วงสัปดาห์แรกแต่ที่สัปดาห์ที่ 14 ก็

ยังมีเชื้อไวรัสคงอยู่ แต่ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสพบว่าเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยถูกทำให้หมดฤทธิ์เร็วกว่าที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสและไม่สามารถตรวจพบเชื้อได้ในวันที่ 9 การศึกษาการหมดฤทธิ์ของเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยโดยจำลองการหมักทำ biogas คือในสภาวะ anaerobic ที่อุณหภูมิ 35-55 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมงพบว่าที่อุณหภูมิ 40 และ 45 องศาเซลเซียสเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยจะหมดฤทธิ์อย่างรวดเร็วภายในระยะเวลา 10 และ 5 ชั่วโมงตามลำดับ และไม่สามารถตรวจพบเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยในระยะเวลา 1 ชั่วโมงที่ 50 และ 55 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเปรียบเทียบการหมดฤทธิ์ของเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยในสิ่งปฏิกูลของสุกรและโคพบว่าที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยหมดฤทธิ์ค่อนข้างช้าและเกิดขึ้นในอัตราที่ใกล้เคียงกันทั้งในสิ่งปฏิกูลจากสุกรและโค โดยเชื้อจะหมดฤทธิ์ลงทั้งหมดประมาณวันที่ 14 และที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสเชื้อทั้งหมดจะหมดฤทธิ์ในระยะเวลา 24 ชั่วโมงในสิ่งปฏิกูลจากสุกรในขณะที่เชื้อจะยังคงหลงเหลืออยู่ในสิ่งปฏิกูลจากโคและที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสไม่สามารถตรวจพบเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยภายในระยะเวลา 40 นาทีในสิ่งปฏิกูลจากสุกร แต่สามารถอยู่รอดได้นานมากกว่า 60 นาทีในสิ่งปฏิกูลจากโค (Bøtner and Belsham, 2012)

น้ำบาดาลสามารถพบเชื้อไวรัสได้ (Haramoto *et al.*, 2011; Steyer *et al.*, 2011) ในการศึกษาของ Park และคณะ (2010) พบเชื้อไวรัสที่ก่อโรกระบบทางเดินอาหารของคนในน้ำบาดาล อาทิเช่น เชื้อ enteric viruses, Rotavirus, human adenoviruses, noroviruses ประสิทธิภาพของการนำเชื้อไวรัสออกจากน้ำที่ซึมเข้าสู่ น้ำบาดาลขึ้นกับปัจจัยการอยู่รอดของเชื้อเองและการเก็บกักเชื้อไว้ของอนุภาคของดิน ซึ่งทั้งสองปัจจัยถูกกำหนดโดยลักษณะภูมิอากาศ คุณลักษณะธรรมชาติของดิน และคุณลักษณะธรรมชาติของเชื้อ (Gerba, 1999) นอกจากนี้ยังมีอีกหลายงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาคเคลื่อนที่ของเชื้อไวรัสในผ่านชั้นดิน (Prasad *et al.*, 2010) น้ำบาดาลถูกจัดว่าเป็นแหล่งน้ำที่มีความเสี่ยงที่จะปนเปื้อนโดยเชื้อก่อโรคน้อยเนื่องจากมีกลไกการกรองของดินโดยอาศัยการเคลื่อนที่ของน้ำลงด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก แต่เชื้อไวรัวยังคงเป็นปัญหาในน้ำบาดาลเนื่องจากเชื้อไวรัสสามารถผ่านทะลุชั้นของดินไปได้เนื่องจากเชื้อไวรัสมีขนาดเล็ก (Lee *et al.*, 2011) ปัจจุบันในบางพื้นที่ยังมีการใช้น้ำบาดาลอยู่เนื่องจากน้ำบาดาลมีอยู่ในหลายพื้นที่ มีต้นทุนต่ำ และต้องการการปรับปรุงคุณภาพน้ำเพียงเล็กน้อยก่อนน้ใช้

จากการศึกษาถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่ออัตราการเสื่อมสภาพของเชื้อไวรัสในน้ำบาดาล พบว่าปัจจัยอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเสื่อมสภาพของไวรัส (Yates *et al.*, 1985) การอยู่รอดของเชื้อไวรัสในน้ำบาดาลขึ้นอยู่กับปัจจัยอุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำและการมีอยู่ของเชื้อจุลินทรีย์ และความกระด้างของน้ำจากแคลเซียม (Yates and Garba, 1985; Jansons *et al.*, 1989) ได้มีการทดลองศึกษาการคงอยู่ของเชื้อไวรัสในน้ำบาดาลพบว่าเชื้อไวรัสคงอยู่ในน้ำบาดาลได้นานหลายเดือน โดยที่เชื้อไวรัส rotavirus และ astrovirus ในน้ำบาดาลที่มีคลอรีนอิสระอยู่ 2 มิลลิกรัมต่อลิตรจะลดความสามารถในการทำให้เกิดการติดเชื้อลง (Espinosa *et al.*, 2008)

สารฆ่าเชื้อในน้ำที่นิยมใช้ได้แก่ คลอรีน (Cl_2), Chloramines (NH_3Cl , NHCl_2), Chlorine dioxide (ClO_2), โอโซน (O_3) และการฉายรังสี สารที่ปล่อยคลอรีนออกมาได้แก่ แคลเซียมไฮโปคลอไรต์ ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) หรือที่มักถูกเรียกว่า chloride of lime และโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl) ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการฆ่าเชื้อของคลอรีน ได้แก่ ความเข้มข้นของคลอรีนอิสระ ระยะเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ ค่าความเป็นกรดและด่างและอุณหภูมิของน้ำ (Ratnayaka *et al.*, 2009) สารละลาย คลอรีนเป็นสารที่มีความสามารถในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียและเชื้อไวรัสอย่างมีประสิทธิภาพภายใต้สภาวะที่เหมาะสม คลอรีนเป็นสารฆ่าเชื้อ disinfectant ที่ไม่มีประสิทธิภาพที่ pH สูงกว่า 8 และในบางกรณีมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อไวรัสได้ไม่ดีที่ pH 5 และ 6 (Taylor and Butler, 1982)

สุกรพ่อแม่พันธุ์มีอัตราการใช้น้ำอยู่ที่ 83-108 ลิตรต่อตัวต่อวัน สุกรขุนมีอัตราการใช้น้ำอยู่ที่ 45-50 ลิตรต่อตัวต่อวัน สุกรอนุบาลมีอัตราการใช้น้ำอยู่ที่ 30-37 ลิตรต่อตัวต่อวัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

นํ้านม

เชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยอาจถูกขับออกในนํ้านมก่อนที่สัตว์แสดงอาการและพบว่าการอยู่รอดของเชื้อในนํ้ามนั้นมีความเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ ปริมาณเชื้อแบคทีเรียและค่า pH ของนํ้านม มีหลักฐานที่แสดงให้เห็นว่าอาจจะพบเชื้อในนํ้านมจากโคที่กำลังอยู่ในช่วงพักตัวของโรค 4 วันก่อนแสดงอาการ ซึ่งเคยพบเชื้อในนํ้านมจากสัตว์ที่มีอาการทางคลินิกปกติสูงถึง $10^{6.6}$ TCID₅₀

ต่อมิลลิลิตร (Schijven *et al.*, 2005) ซึ่งตามทฤษฎีแล้วน้ำนมปริมาณน้อยกว่า 0.1 มิลลิลิตรจะมีเชื้อปริมาณสูงกว่าปริมาณต่ำสุดที่สามารถทำให้เกิดโรคในสุกรได้ทางการกิน ปริมาณเชื้อที่ทำให้สุกรและโคเกิดการติดเชื้อได้ทางปากจากการกินคือ 10^5 ID₅₀ และ 10^6 ID₅₀ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามในสภาพความเป็นจริงน้ำนมจะถูกเจือจางรวมกับน้ำนมจากโคตัวอื่น ๆ ซึ่งในโคที่ติดเชื้อปริมาณน้ำนมจะน้อยและลดลง น้ำนมจากโคที่ผ่านการทำวัคซีนจะมีแอนติบอดีที่มีประสิทธิภาพในการทำให้เชื้อเป็นกลาง (neutralisation) เมื่อผสมน้ำนมดังกล่าวกับน้ำนมจากโคที่ไม่เคยมีการทำวัคซีน (Donaldson, 1997)

น้ำนมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ด้วยอุณหภูมิต่ำ (72 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 วินาที) ไม่สามารถทำให้เชื้อหมดฤทธิ์ การพาสเจอร์ไรซ์ด้วยอุณหภูมิสูงเป็นเวลาสั้น (HTST) สามารถลดเชื้อในน้ำนมได้แต่มีหลายการศึกษาให้ความเห็นว่าเชื้ออาจจะยังคงหลงเหลืออยู่ (Aftosa, 2007) อย่างไรก็ตามน้ำนมที่ผ่านความร้อน 72 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 วินาทีและตามด้วยการทำให้เป็นกรดโดยมีค่า pH ต่ำกว่า 4.5 จำนวน 18 ล้านกิโกรัมไปเลี้ยงสัตว์ไม่ได้ทำให้เกิดการระบาดของโรคเพิ่มขึ้น (Donaldson, 1997)

อย่างไรก็ตามน้ำนมที่มีเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเมื่อนำมาผ่านความร้อน 72 องศาเซลเซียส นาน 15 วินาทีและ 80 องศาเซลเซียส นาน 3 วินาที แล้วทำให้ค่า pH เท่ากับ 4.5 เมื่อนำไปเลี้ยงสัตว์ไม่พบว่าเกิดการระบาดขึ้น (Schijven *et al.*, 2005)

เนื้อสัตว์

เชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยสามารถถูกทำให้หมดฤทธิ์อย่างรวดเร็วในกล้ามเนื้อลาย และกล้ามเนื้อหัวใจซึ่งเป็นผลจากการสร้างกรดแลคติกในช่วงที่มีการแข็งตัวของกล้ามเนื้อหลังตาย (rigor mortis) ซึ่ง pH จะตกลงไปที่ 5.5-6 ซึ่งอัตราที่เชื้อหมดฤทธิ์ที่ pH เท่ากับ 6 คือ 90% ต่อ นาที และที่ pH เท่ากับ 5 คือ 90% ต่อวินาทีที่ 4 องศาเซลเซียส ดังแสดงในตารางที่ 8 อย่างไรก็ตามค่า pH ของกล้ามเนื้อของสัตว์ที่ถูกฆ่าขณะที่มีไข้อาจไม่ต่ำกว่า 6 (Pharo, 2002) ความเป็นกรดที่เกิดในช่วงที่มีการแข็งตัวของกล้ามเนื้อหลังตายในซากโคจะทำให้เชื้อหมดฤทธิ์แต่ค่า pH ในไขกระดูก ต่อมาน้ำเหลือง และเครื่องในไม่ได้ลดลงในช่วงที่มีการแข็งตัวของกล้ามเนื้อหลังตาย (Alexandersen *et al.*, 2003a)

อากาศ

การติดเชื้อโรคปากและเท้าเปื่อยในสุกรจากละอองน้ำเล็ก ๆ ที่ออกมาจากทางเดินหายใจของสุกรที่ติดเชื้อนั้นพบว่าประมาณร้อยละ 35-70 มีความเกี่ยวข้องกับละอองน้ำที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่กว่า 6 ไมโครเมตร ประมาณร้อยละ 20-40 มีความเกี่ยวข้องกับละอองน้ำที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 3-6 ไมโครเมตร และอีกประมาณร้อยละ 10-25 มีความเกี่ยวข้องกับละอองน้ำที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 3 ไมโครเมตร (Gloster and Alexandersen, 2004) อนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็กกว่า 6 ไมโครเมตรจะได้รับผลจากแรงโน้มถ่วงของโลกน้อย ดังนั้นอนุภาคนาขนาดดังกล่าวจึงสามารถเคลื่อนที่ไปได้ไกล (Alexandersen *et al.*, 2003a) การพ่นละอองน้ำใส่ห้องที่ได้นำสุกรที่ติดเชื้อออกแล้วพบว่าสามารถช่วยลดค่าการเกิดโรคจากอนุภาคละอองขนาดใหญ่ได้แต่ไม่ส่งผลกระทบต่ออนุภาคละอองขนาดเล็ก (Sutmoller *et al.*, 2003)

ปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่จะทำให้เชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยหมดฤทธิ์ในอากาศคือ ความชื้นสัมพัทธ์ (relative air humidity) อัตราการหมดฤทธิ์ของเชื้อต่ำที่สุดที่ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่าร้อยละ 55-60 โดยที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60 พบว่าอัตรา inactivation เชื้อ stain O1 อยู่ที่ $0.6 \log_{10} \text{TCID}_{50}$ ต่อชั่วโมง สำหรับที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 40 พบว่าอัตรา inactivation เชื้อ stain O1 อยู่ที่ $4.2 \log_{10} \text{TCID}_{50}$ ต่อชั่วโมง (Schijven *et al.*, 2005) ไวรัสมีความคงทนในละอองน้ำที่สภาพอากาศความชื้นสัมพัทธ์มากกว่าร้อยละ 55-60 และที่อุณหภูมิต่ำกว่า 33 องศาเซลเซียส แสงอาทิตย์และสารมลพิษอื่น ๆ ในอากาศมีผลกระทบต่อความสามารถในการอยู่รอดของเชื้อโดยเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (Gloster and Alexandersen, 2004)

ความสามารถในการแพร่กระจายของเชื้อผ่านลมขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ จำนวนและตำแหน่งของสัตว์ที่ปล่อยและสัตว์ที่รับเชื้อ ลักษณะทางภูมิประเทศและภูมิอากาศที่เหมาะสม (Alexandersen *et al.*, 2003a) ลมที่แรงและสิ่งที่มาขัดขวางทางเดินของลม เช่น ภูเขาหรือต้นไม้สูง ๆ สามารถลดปริมาณความเข้มข้นของเชื้อในอากาศได้ และฝนที่ตกหนักและมีความเป็นกรดที่ pH น้อยกว่า 6 นั้นสามารถช่วยลดค่าการเกิดโรคจากการแพร่ผ่านอากาศได้ การแพร่กระจายของเชื้อผ่านอากาศในบริเวณทางตอนใต้ของทวีปแอฟริกาถูกพิจารณาว่าไม่มีความสำคัญเนื่องจากมีสภาพภูมิอากาศที่ร้อน ความชื้นสัมพัทธ์ที่ต่ำ (Sutmoller *et al.*, 2003) ส่วนเขตร้อนอื่น ๆ คาดว่าเป็นสภาพที่ยังเหมาะต่อการแพร่ของเชื้อเนื่องจากมีความชื้นสัมพัทธ์สูง

ได้มีการคาดการณ์ระยะห่างของสัตว์ที่มีความเสี่ยงจากการติดเชื้อผ่านอากาศจากแหล่งกำเนิดเชื้อ พบว่าสุกรมีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อผ่านอากาศเมื่อสุกรอยู่ได้ทิศทางลมในช่วงระยะห่างไม่เกิน 200 เมตรจากสัตว์ที่ติดเชื้อไม่เกิน 1,000 ตัว ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลของชนิดและจำนวนสัตว์ที่ปล่อยเชื้อกับระยะห่างของสัตว์ที่มีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อผ่านทางอากาศ

จำนวนสัตว์ที่ปล่อยเชื้อ	ชนิดสัตว์ที่ปล่อยเชื้อ	ระยะห่างของสัตว์ที่มีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อ (กิโลเมตร)		
		โค	แกะ	สุกร
สัตว์ติดเชื้อ 1,000 ตัว	สุกร	6	2	< 0.2
	โค	0.7	0.2	< 0.1
	แกะ	0.7	0.2	< 0.1
สัตว์ติดเชื้อ 100 ตัว	สุกร	2	0.4	< 0.1
	โค	0.2	< 0.1	< 0.1
	แกะ	0.2	< 0.1	< 0.1
สัตว์ติดเชื้อ 10 ตัว	สุกร	0.5	0.1	< 0.1
	โค	< 0.1	< 0.1	< 0.1
	แกะ	< 0.1	< 0.1	< 0.1
สัตว์ติดเชื้อ 1 ตัว	สุกร	< 0.1	< 0.1	< 0.1
	โค	< 0.1	< 0.1	< 0.1
	แกะ	< 0.1	< 0.1	< 0.1

ที่มา: Donaldson *et al.* (2001)

หน่วยของการวัดปริมาณเชื้อไวรัสที่แพร่ผ่านอากาศและปริมาณที่ทำให้เกิดการติดเชื้อผ่านอากาศอ้างอิงค่า median Tissue Culture Infective Doses ต่อลูกบาศก์เมตรของอากาศ ($TCID_{50}/m^3$) โดยความหมายของหน่วยดังกล่าวคือร้อยละ 50 ของตัวอย่างนั้นเกิดการติดเชื้อ

อย่างไรก็ตามหากในฝูงเกิดการติดเชื้อเพียงแค่ 1 ตัวก็สามารถทำให้เกิดการระบาดของโรคได้ (Gloster and Alexandersen, 2004)

แบบจำลองในการพยากรณ์การแพร่เชื้อผ่านอากาศโดยอาศัยข้อมูลสภาพภูมิอากาศได้ถูกสร้างขึ้นมากมาย การประเมินความเสี่ยงการแพร่เชื้อผ่านทางอากาศจากฝูงปศุสัตว์ที่มีการติดเชื้อจากการแพร่กระจายเชื้อในชั้นบรรยากาศมีโมเดล Gaussian และโมเดล Lagrangian ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ ซึ่งโมเดลเหล่านี้จะให้ข้อมูลการประมาณความหนาแน่นของเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยที่ตำแหน่งของฟาร์มซึ่งอยู่ใต้ทิศทางลมของฝูงปศุสัตว์ที่เกิดการระบาดขึ้น (Traulsen and Krieter, 2012)

การคำนวณของโมเดล Lagrangian ได้อาศัยข้อมูลทิศทางของเชื้อไวรัสที่ปล่อยออกจากอากาศ ลักษณะภูมิประเทศและสภาพภูมิอากาศในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ ซึ่งโมเดลนี้ให้การประมาณค่าการแพร่กระจายของเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยได้อย่างถูกต้องแม่นยำมากกว่าโมเดล Gaussian อย่างไรก็ตามวิธีนี้เป็นวิธีการคำนวณที่มีความยุ่งยากซับซ้อนอย่างมากและต้องอาศัยข้อมูลพารามิเตอร์เกี่ยวกับสภาพอากาศเป็นจำนวนมากซึ่งต้องใช้ระยะเวลาและค่าใช้จ่ายสูง (Traulsen and Krieter, 2012)

โมเดล Gaussian เป็นวิธีการประมาณค่าการแพร่กระจายเชื้อไวรัสที่ดีในกรณีที่เป็นการแพร่กระจายเชื้อไวรัสออกในลักษณะรูปร่างแบบขนนกซึ่งเป็นผลจากการพาไปของลม โมเดลนี้เป็นที่นิยมใช้เนื่องจากให้ผลการคำนวณที่สอดคล้องกับการทดลองเช่นเดียวกับโมเดลอื่น สมการของโมเดลสามารถคำนวณทางคณิตศาสตร์ได้ง่าย มีหลักการคิดที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน สอดคล้องกับธรรมชาติของบรรยากาศที่มีการเคลื่อนไหวอย่างไม่เป็นระเบียบ (Hanna *et al.*, 1982) อย่างไรก็ตามโมเดล Gaussian ยังมีข้อจำกัดคือโมเดลนี้ไม่ได้สนใจข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ การเปลี่ยนทิศทางลมรวมถึงความชื้นสัมพัทธ์ โมเดลนี้สามารถคำนวณหาความเข้มข้นของเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยแต่ละจุดที่อยู่ใต้ทิศทางลมจากจุดที่เกิดการระบาดของโรคในระยะ 10 กิโลเมตรซึ่งแทนด้วยค่าพิกัด x y z ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_zU} \exp\left[\frac{-y^2}{2\sigma_y^2}\right] \left\{ \exp\left[\frac{-(Z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[\frac{-(Z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right\}$$

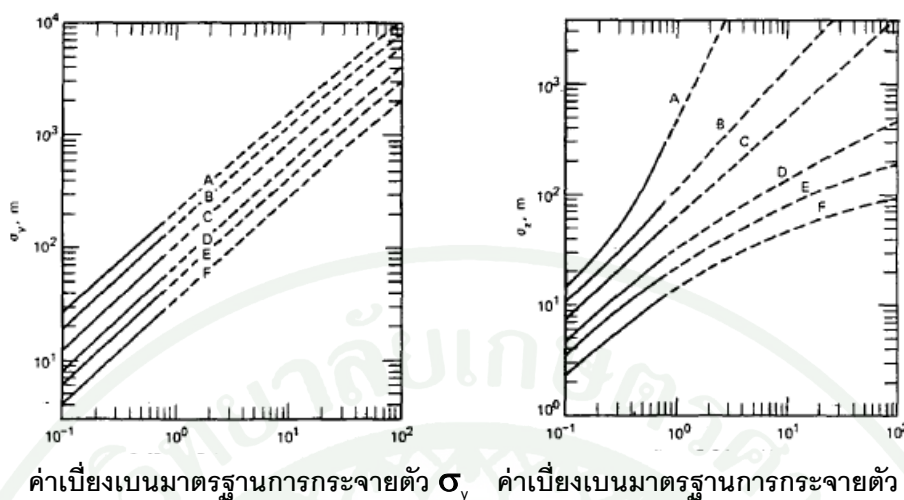
โดยที่ C คือความหนาแน่นของเชื้อไวรัสที่ฟาร์มปลายทาง (หน่วย $TCID_{50}$ ต่อลูกบาศก์เมตร) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากค่า U หรือความเร็วลม (หน่วยเมตรต่อวินาที), Q หรืออัตราการปล่อยเชื้อสู่บรรยากาศอย่างต่อเนื่อง (หน่วย $TCID_{50}$ ต่อวินาที) ที่พิกัดของฟาร์มปลายทางที่อยู่ใต้ทิศทางลม x, y, z (หน่วยเมตร) โดยมีความสูงที่แตกต่างกันระหว่างทั้งสองจุด H (หน่วยเมตร) และค่าพารามิเตอร์การกระจายตัว σ_y และ σ_z ซึ่งเป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานการกระจายตัวของค่า C ที่ตำแหน่งระยะห่าง y และ z ตามลำดับ (Traulsen and Krieter, 2012)

ในการประมาณค่า σ_y และ σ_z วิธีการที่นิยมใช้มากที่สุดในการศึกษาที่ไม่มีการวัดค่าความไม่แน่นอนของการเคลื่อนไหวในบรรยากาศถูกพัฒนาขึ้นโดย Pasquill ซึ่งต่อมาได้ถูกปรับปรุงขึ้นอีกเล็กน้อยโดย Turner (ภาพที่ 1) ทั้ง 6 กลุ่มของ Pasquill จำแนกโดยมีหลักเกณฑ์ที่ใช้คือความเร็วลมทั้ง 5 กลุ่ม ลักษณะของแดดในช่วงกลางวันทั้ง 3 แบบและลักษณะการมีเมฆปกคลุมในช่วงเวลากลางคืนทั้ง 2 แบบ โดยทั่วไปแล้วความคงที่ของสภาพอากาศในกลุ่ม A-C เป็นตัวแทนสภาพอากาศที่ไม่คงที่ กลุ่ม D เป็นตัวแทนสภาพอากาศที่มีลักษณะกลาง ๆ และกลุ่ม E และ F เป็นตัวแทนสภาพอากาศที่มีลักษณะคงที่ (Hanna *et al.*, 1982) ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 การจำแนกสภาพการเคลื่อนไหวที่ไม่เป็นระเบียบของอากาศโดยวิธีของ Pasquill

ความเร็วลม เมตรต่อวินาที	แสงแดดในช่วงกลางวัน			ช่วงเวลากลางคืน	
	มาก	ปานกลาง	น้อย	เมฆมากหรือ มากกว่า 4/8	น้อยกว่าหรือ เท่ากับ 3/8
<2	A	A-B	B	-	-
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

ที่มา: Hanna *et al.* (1982); Venkatram (1996)



ภาพที่ 1 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานการกระจายตัว σ_y และ σ_z ของบรรยากาศที่มีการเคลื่อนไหว ลักษณะแบบต่าง ๆ (A-F) ที่ระยะห่างต่าง ๆ ซึ่งอ้างอิงข้อมูลจาก Pasquill

ที่มา: Hanna *et al.* (1982)

สัตว์พาหะหนูและนก

หนูและนกอาจจะนำพาเชื้อทางกายภาพ เคยพบเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยใน อุจจาระและปัสสาวะของหนูและในอุจจาระของนก (Sutmoller *et al.*, 2003) หนูสามารถเป็น พาหะนำเชื้อโรคปากและเท้าเปื่อยมาสู่สุกรได้ หนูที่สามารถพบเห็นได้ในฟาร์มสุกรมี 3 ชนิด ได้แก่ หนูนอร์เวย์ หนูท้องขาวและหนูหริ่ง

หนูนอร์เวย์ (*Rattus norvegicus*) บางทีเรียกหนูขยະ หนูท่อ หนูสีน้ำตาล หนูชนิดนี้เป็น หนูที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในตระกูล มีน้ำหนักตัวอยู่ที่ 280-480 กรัม ลักษณะขนหยาบมีสีน้ำตาลปน เทา ท้องสีเทา ส่วนจมูก หู ใบหูเล็ก ตาเล็ก หางสั้น มักอยู่ตามรู ตามท่อระบายน้ำโสโครก ท่อน้ำ ได้ ฤณตึกหรือบ้านเรือน บริเวณลำคลอง กองขยะมูลฝอย ไม่ชอบขึ้นที่สูง กินอาหารวันละ 28 กรัม ชอบกินอาหารบูดเน่า พวกแบ่ง ผัก เนื้อ และปลา ระยะทางการหากิน 250-300 ฟุต ลักษณะมูลมี ขนาดใหญ่คล้ายแคปซูลยาวประมาณ 12-15 มิลลิเมตร

หนูท้องขาว (*Rattus rattus*) บางครั้งเรียก หนูหลังคา (roof rat) มีขนาดใหญ่ปานกลาง รูปร่างเพรียว มีน้ำหนักตัว 225 กรัม ขนด้านหลังมีสีน้ำตาล ฐานขนสีเทาปลายสีน้ำตาล ไม่มีขน คล้ายหนาม (spine) ขนส่วนท้องมีสีขาวปนเทาหรือเหลืองครีม จมูกแหลม ตาโปน มีขนาดใหญ่ หางมีสีดำและมีเกล็ดละเอียดตลอดหาง ความยาวของหางมากกว่าความยาวของลำตัว ชอบอาศัยอยู่ตามอาคารบ้านเรือน หลังคาบ้าน บริเวณกันสาดใต้หลังคา มีความสามารถในการปีนป่ายเก่ง กินอาหารทุกชนิด กินอาหารวันละ 28 กรัม อาหารที่ชอบมากคือ เมล็ดพืช เช่น ข้าวเปลือก ถั่ว ข้าวโพด ระยะทางหากิน 100-150 ฟุต ลักษณะมูลเป็นรูปกระสวย ปลายแหลม ขนาดความยาวประมาณ 10-12 มิลลิเมตร

หนูหริ่ง (*Mus musculus*) หรือบางครั้งเรียกว่า house mouse เป็นหนูในตระกูล Mus ชนิดที่พบเห็นตามบ้านเรือนมาก เป็นหนูบ้านที่มีขนาดเล็กที่สุด มีน้ำหนักตัวเพียง 20 กรัม มีจมูกแหลม ขนด้านหลังสีเทาบางที่มีสีน้ำตาลปน มีลักษณะอ่อนนุ่ม ขนด้านท้องสีขาว ส่วนหางมี 2 สี ด้านบนสีดำ ส่วนด้านล่างสีจางกว่า อาศัยอยู่ตามบ้านเรือน มักชอบหลบซ่อนตัวอยู่ตามตู้ โต๊ะ ที่เก็บของ ตามช่อง ฝาผนัง ตามครัว กินอาหารได้ทุกชนิด แต่ชอบพวกเมล็ดพืช กินอาหารวันละ 2.8 กรัม ระยะทางการหากิน 10-30 ฟุต ลักษณะมูลมีขนาดเล็กกลมยาวปลายแหลมมีขนปน (อรอนงค์และฐิติกร, 2552)

นกในกลุ่มนกเอี้ยง นกนางนวล และนกกระจอกสามารถนำพาเชื้อได้ นกเหล่านี้สามารถทำให้ติดเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยได้ในการทดลองโดยนกจะเกิดรอยโรคตุ่มใส (vesicular lesion) ที่ผิวหนังและเยื่อในช่องปาก นอกจากนี้ยังพบว่านกอพยพสามารถเป็นเชื้อไวรัสและนำพาเชื้อไวรัสไปได้ไกล ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดของการแพร่เชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเป็นระยะทางไกล ๆ ได้ (Kaleta, 2002) อย่างไรก็ตามจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญพบว่ามีความเป็นไปได้น้อยมากที่นกจะทำให้เกิดการแพร่ระบาดของโรคปากและเท้าเปื่อยเมื่อเทียบกับปัจจัยเสี่ยงอื่นๆ

คน

จากการศึกษาเก็บตัวอย่างอากาศปริมาณมากเป็นเวลา 30 นาทีพบว่าสามารถเก็บเชื้อจากอากาศได้ถึง 10^6 IU จากตัวอย่างอากาศในโรงเรียนที่มีผู้กรติดเชื้ออยู่ ผลที่ตามมาคือผู้ที่ทำงานกับสัตว์ที่ติดเชื่อนำพาเชื้อมากับผม ผิวหนังและเสื้อผ้า ดังนั้นจึงควรที่จะสวมเสื้อผ้า

พิเศษที่สามารถเปลี่ยนและทิ้งไว้ที่ฟาร์มได้และมีการอาบน้ำสระผมเมื่อออกจากพื้นที่ดังกล่าว เชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยสามารถคงอยู่เป็นเวลานาน ๆ ในลำคอของคน โดยพบเชื้อในจมูก ลำคอ และน้ำลายจากตัวอย่างคนที่สัมผัสกับสัตว์ป่วยทันทีหลังจากออกมาจากห้องดังกล่าวซึ่งมักพบเชื้อในปริมาณ 100-1,000 IU หรือบางครั้งอาจพบสูงถึง 10,000 IU จากการเก็บตัวอย่างจากช่องจมูก (nasal swab) สำหรับการอาบน้ำแต่งตัวและเปลี่ยนเสื้อผ้าจะลดปริมาณเชื้อจากการตรวจด้วยวิธีดังกล่าวได้ 100 เท่าโดยวัดหลังจากออกมาจากห้องดังกล่าว 2 ชั่วโมง เมื่อคนที่เข้าไปตรวจสัตว์ป่วยพูดคุยกับคนอื่น ๆ เป็นเวลา 4 นาที จะสามารถตรวจพบเชื้อในช่องจมูกซึ่งเชื้อถ่ายทอดมาจากเสื้อผ้าหรือลมหายใจออกของผู้ที่สัมผัสสัตว์ในคนที่พูดคุยกับคนที่เข้าไปตรวจสัตว์ป่วย สำหรับคนที่ออกจากห้องที่ปนเปื้อนเชื้อเป็นเวลา 24 ชั่วโมงพบว่า 7 ใน 8 คนไม่พบเชื้อในระบบทางเดินหายใจส่วนบน ส่วนอีกหนึ่งคนที่ตอนเริ่มต้นพบเชื้อ 5,000 IU พบเชื้อลดลงเหลือเพียง 100 IU และไม่พบเชื้อไวรัสหลังจากผ่านไป 48 ชั่วโมง การสวมหน้ากากผ่าตัด หน้ากากโรงงาน หรือหน้ากาก cotton wool ลดปริมาณเชื้อที่หายใจเข้าไปได้เกือบ 10 เท่าแต่หน้ากากกระดาษไม่มีผลใด ๆ (Sutmoller *et al.*, 2003)

การวินิจฉัย

โรคปากและเท้าเปื่อยไม่สามารถวินิจฉัยแยกโรคจากอาการได้จากโรค swine vesicular disease และ vesicular exanthema ซึ่งพบเฉพาะในสุกร และ vesicular stomatitis ซึ่งพบในโค สุกรและม้า สำหรับการวินิจฉัยทางห้องปฏิบัติการได้แก่ การเพาะแยกเชื้อ (viral isolation) การตรวจหาแอนติเจน (antigen detection) ซึ่งมี 2 วิธีที่เป็นที่นิยมคือ วิธี complement fixation test (CFT) และ enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) และยังมีวิธีการตรวจหาแอนติบอดีซึ่งได้แก่ วิธี virus neutralization test และ ELISA นอกจากนี้ยังมีวิธีเทคนิค reverse transcriptase polymerase chain reaction (RT-PCR) ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ตรวจหาสารพันธุกรรม (Geering and Lubroth, 2002)

ปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่ได้รับสูงจะทำให้ตรวจพบเชื้อไวรัสที่เพิ่มจำนวนขึ้นมาได้เร็วขึ้น (Howey *et al.*, 2009) ระยะเวลาที่ระดับแอนติบอดีจะสูงขึ้นถึงระดับที่สามารถตรวจพบได้ด้วยวิธี ELISA คือที่ประมาณ 3-5 วันหลังจากเริ่มแสดงอาการและจะสูงขึ้นใน 2-4 วันต่อมา การตอบสนองทางภูมิคุ้มกันจะยังคงสูงอยู่เป็นเวลานานหลายเดือนภายหลังจากการติดเชื้อหรือ

อาจจะยังคงตรวจพบได้เป็นเวลานานหลายปี ในสุกรโดยเฉพาะสุกรอายุน้อยที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วนั้นมีระยะเวลาครึ่งชีวิตของแอนติบอดีนั้นเพียง 1 สัปดาห์เท่านั้นและสามารถตรวจพบได้เป็นระยะเวลาเพียงไม่กี่เดือน (Alexandersen *et al.*, 2003a)

การตรวจหาแอนติบอดีต่อส่วนของ NSP ของเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเป็นการตรวจที่จำเพาะต่อการติดเชื้อโดยไม่เกี่ยวข้องกับการทำวัคซีน (Paton *et al.*, 2006) ชุดทดสอบ ELISA มีอยู่หลายผลิตภัณฑ์ อาทิเช่น NCPanaftosa IZS-Brescia Chekit UBI และ Ceditest (PrioCHECK®) ในการศึกษาของ Brocchi และคณะในปี 2006 ซึ่งได้ทำการศึกษาในโค แกะและสุกรพบว่าชุดทดสอบ Ceditest มีความจำเพาะในสุกรสูงที่สุด คือร้อยละ 100 (CI = 97.6-100) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดทดสอบ NCPanaftosa IZS-Brescia Chekit และ UBI ซึ่งมีความจำเพาะอยู่ที่ 98.8 99.4 99.4 และ 97.3 ตามลำดับ แต่ในการศึกษานี้ไม่ได้ให้ข้อมูลค่าความไวของชุดทดสอบ Ceditest ในสุกรเนื่องจากมีจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบหาค่าความไวของชุดทดสอบในสุกรมีจำนวนน้อย อย่างไรก็ตามได้รายงานผลอัตราการตรวจพบ (detection rate) ในกลุ่มสุกรที่ไม่ได้รับการทำวัคซีนไว้ที่ร้อยละ 100 (ทั้ง 5 ชุดทดสอบ) และรายงานอัตราการตรวจพบ (detection rate) ในกลุ่มสุกรที่ผ่านการทำวัคซีนผลการทดลองไว้ที่ร้อยละ 55.5 68.7 44.4 44.4 และ 50 สำหรับชุดทดสอบ Ceditest NCPanaftosa IZS-Brescia Chekit และ UBI ตามลำดับ มีความสอดคล้องกับการทดลองในโคซึ่งมีค่าความไวเท่ากับร้อยละ 90 (Brocchi *et al.*, 2006) แต่ในการศึกษาที่ประเทศนิวซีแลนด์พบว่า Ceditest มีค่าความจำเพาะในสุกรอยู่ที่ร้อยละ 99.6 (Kittelberger *et al.*, 2008)

ปัจจัยที่มีผลต่อความมั่นใจการปลอดจากโรคสามารถยืนยันได้จากการตรวจทางซีรัมวิทยาได้แก่ ความไวและความจำเพาะของระบบการตรวจ ความมีประสิทธิภาพของมาตรการที่ใช้ในการควบคุมโรคและความถูกต้องของการติดเชื้อ ขนาดของฝูง จำนวนขนาดตัวอย่าง คุณลักษณะของประชากร การออกแบบการสำรวจ (การเป็นตัวอย่างที่ดีและการครอบคลุมประชากรทุกกลุ่ม) ความมั่นใจในกลุ่มประชากรที่ต้องการ (Paton *et al.*, 2006)

การประเมินความเสี่ยงและแบบจำลอง

การประเมินความเสี่ยง คือ การประเมินความน่าจะเป็นและผลกระทบที่ตามมาทางชีววิทยาและเศรษฐกิจของการเข้าหรือแพร่กระจายของเชื้อก่อโรคในดินแดนของประเทศผู้นำเข้า (OIE, 2004) การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณ เป็นโมเดลทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ข้อมูลและให้ผลลัพธ์คำตอบในลักษณะของตัวเลขซึ่งอาจจะเป็นค่าเพียงค่าเดียวหรือช่วงของค่าโดยที่แต่ละค่ามีโอกาสความน่าจะเป็นต่าง ๆ (probability distribution) ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยคอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณ โดยจะสุ่มค่าจากแต่ละช่วงของค่าที่กระจายตัว (distribution) มาคำนวณตามเงื่อนไขที่โมเดลสร้างไว้เพื่อให้ได้ผลลัพธ์จากการคำนวณครั้งนั้น ซึ่งขั้นตอนนี้ถูกทำซ้ำหลาย ๆ ครั้งและผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณแต่ละครั้งจะถูกนำมาคิดรวมกันเพื่อสร้างช่วงของค่าที่แต่ละค่าในช่วงมีโอกาสความน่าจะเป็นต่าง ๆ ของผลลัพธ์ที่เป็นไปได้จากโมเดล (OIE, 2004)

แบบจำลองหรือโมเดล (model) เป็นตัวแทนของโลกความเป็นจริงแบบง่าย แบบจำลองส่วนใหญ่มักใช้สัญลักษณ์ แบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนของแบบแผนของการนำเข้าสู่สิ่งต่างในรูปของกราฟิกหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ (OIE, 2004)

ความเสี่ยงจากการนำเข้าโรคติดเชื้อสามารถประเมินค่าและจัดการให้ลดลงได้ (Sutmoller *et al.*, 2003) ในหลาย ๆ ประเทศได้มีการประเมินความเสี่ยงของการนำเข้าเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อย อาทิเช่น ประเทศสเปนได้มีการประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณของการนำเข้าเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยจากการนำเข้าสัตว์มีชีวิต โดยพบว่าประเทศสเปนมีความเสี่ยงที่จะนำเข้าเข้าสู่ประเทศผ่านการนำเข้าสุกรมีชีวิตเข้าฟาร์มมากกว่าการนำเข้าโค แกะ แพะ เข้าประเทศ (Martínez-López *et al.*, 2008) ประเทศนิวซีแลนด์ได้มีการประเมินความเสี่ยงเชิงคุณภาพของการนำเข้าเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าประเทศโดยได้ทำการประเมินความเสี่ยงของสิ่งต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ การแพร่ทางอากาศ การนำเข้าสัตว์มีชีวิต ตัวอ่อนและน้ำเชื้อ เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ นมและผลิตภัณฑ์จากนม ผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์และนมที่นำเข้ามาที่คนเดินทางเข้าประเทศ การติดของเชื้อเข้ามากับตัวคน หนังสือสัตว์และขนสัตว์ พบว่าความเสี่ยงของการนำเข้าเชื้อดังกล่าวจากการนำเข้าสัตว์และผลิตภัณฑ์จากสัตว์อย่างถูกกฎหมายมีความเสี่ยงอยู่ในระดับต่ำ ทั้งนี้เนื่องมาจากได้มีการจัดการความเสี่ยงที่พบจากการวิเคราะห์ความเสี่ยงมานานหลายปี (Pharo, 2002) นอกจากนี้ยังเคยมีการศึกษาประเมินความเสี่ยงเชิงคุณภาพของการนำเข้าเชื้อไวรัส

โรคปากและเท้าเปื่อยเข้าสู่รัสเซียและยุโรปจากประเทศจอร์เจีย อาร์เมเนียและอาเซอร์ไบจาน (Moutou *et al.*, 2001) และการศึกษาประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณของการ transmission เชื้อโรคปากและเท้าเปื่อย bluetongue และ vesicular stomatitis โดยการย้ายฝากตัวอ่อนในโค (Sutmoller and Wrathall, 1997) อีกด้วย

สำหรับการใช้ความเห็นผู้เชี่ยวชาญมีความจำเป็นและมักไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้เมื่อไม่มีข้อมูลจากการทดลองหรือสังเกตอยู่ในขณะนั้น (Ouchi, 2004) ซึ่งการใช้ข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญมักถูกใช้เสมอในการศึกษาทางระบาดวิทยาและโรคสัตว์ (Garabed *et al.*, 2009) ตัวอย่างเช่น การศึกษาของ Heller และคณะในปี 2011 ได้ทำการประเมินความน่าจะเป็นของการได้รับเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ที่มีความทนทานต่อยา meticillin ในสุนัข ซึ่งในการศึกษานี้ได้มีนำข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ ข้อมูลที่ได้รับการตีพิมพ์และไม่ได้รับการตีพิมพ์มาใช้ในการวิเคราะห์

การสุ่มค่าจากช่วงของค่าโดยที่แต่ละค่ามีโอกาสความน่าจะเป็นต่าง ๆ มักจะใช้ทั้งวิธีการสุ่มแบบ Monte Carlo หรือวิธีการสุ่มแบบ Latin hypercube วิธีการสุ่มแบบ Monte Carlo เป็นการสุ่มที่แต่ละครั้งละครั้งของการสุ่มจะถูกสุ่มอย่างอิสระบนกรอบของกลุ่มตัวอย่าง (sampling frame) ซึ่งเป็นการสุ่มโดยมีการทดแทนค่าที่ถูกสุ่มไปแล้วเข้าไปทุกครั้งที่สุ่ม ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่ค่าเดิมค่าหนึ่งจะถูกสุ่มออกมามากกว่าหนึ่งครั้ง สำหรับวิธีการสุ่มแบบ Latin hypercube เป็นการสุ่มที่ช่วงของการสุ่มทั้งหมดจะถูกแบ่งเป็นช่วงโดยที่จำนวนช่วงของการแบ่งเท่ากับจำนวนครั้งที่จะทำการสุ่มทั้งหมด แต่ละช่วงจะถูกสุ่มเพียง 1 ครั้งดังนั้นการสุ่มแบบ Latin hypercube จึงเป็นการสุ่มแบบไม่ทดแทนค่าที่ถูกสุ่มออกและกลุ่มของค่าที่สุ่มออกมาได้จากแต่ละครั้งที่ทำการสุ่มจะเป็นสัดส่วนกับการกระจายตัวของความน่าจะเป็น (OIE, 2004)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. รายชื่อฟาร์มสุกรที่ได้รับการรับรองเป็นฟาร์มปลอดโรคปากและเท้าเปื่อยจากกรมปศุสัตว์พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ
2. โทรศัพท์และแบบสอบถามที่ใช้ในการเก็บข้อมูล
3. เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ผ่านการติดตั้งโปรแกรม MS Excel และโปรแกรม @Risk

วิธีการ

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยในภาพรวม

1. กำหนดคำถามหลักของการประเมินความเสี่ยงและกรอบเค้าโครงแนวความคิด
2. จัดหาข้อมูลที่เป็นต่อการออกแบบจำลอง
3. ระบุปัจจัยเสี่ยงที่ต้องการศึกษา
4. สร้างแบบจำลองของแต่ละปัจจัยเสี่ยงและระบุข้อกำหนดของแบบจำลอง
5. ระบุข้อมูลที่เป็นต่อการประเมินความเสี่ยงจากแบบจำลอง
6. ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยง
7. วิเคราะห์และประเมินความเสี่ยงจากแบบจำลองโดยโปรแกรม @Risk
8. สรุป วิเคราะห์ผลทางสถิติและเขียนรายงาน

คำถามหลักของการประเมินความเสี่ยง

ความเสี่ยงของการนำเข้าเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าสู่โรงเรือนของฟาร์มสุกรปลอดโรคปากและเท้าเปื่อยที่ได้รับการรับรองจากกรมปศุสัตว์อย่างน้อยหนึ่งครั้งในช่วงระยะเวลาหนึ่งปีเป็นเท่าใด

กรอบเค้าโครงแนวความคิด

สำหรับกรอบเค้าโครงแนวความคิดในการศึกษาของการศึกษาในครั้งนี้จะเริ่มจากแยกทำการวิเคราะห์ประเมินความเสี่ยงของการนำเข้าเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยผ่านแต่ละปัจจัยเสี่ยง จากนั้นผลการประเมินความเสี่ยงที่ได้จากแต่ละปัจจัยเสี่ยงเหล่านี้จะถูกนำมาคิดรวมกันเป็นความเสี่ยงของการนำเข้าเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าสู่ฟาร์มอย่างน้อยหนึ่งครั้งในช่วงระยะเวลาหนึ่งปี ในการประเมินความเสี่ยงของการนำเข้าเชื้อของแต่ละตัวนำพาจะทำการประเมินความเสี่ยงของการนำเข้าเชื้อเข้าโรงเรือนเนื่องจากความเสี่ยงของการนำเข้าเชื้อเข้าโรงเรือนสามารถสะท้อนความเสี่ยงที่สุกรจะติดเชื้อได้ดีกว่าประเมินความเสี่ยงของการนำเข้าพื้นที่ฟาร์ม

ข้อมูลที่ใช้ในการประเมินความเสี่ยงครั้งนี้จะอาศัยข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการ ข้อมูลบันทึกจากกรมปศุสัตว์ และข้อมูลจากการสำรวจ สำหรับข้อมูลจากการสำรวจจะประกอบด้วยข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้อง (ทั้งการสัมภาษณ์ที่ฟาร์มและการสัมภาษณ์ทางโทรศัพท์) และข้อมูลจากการเฝ้าสังเกตในพื้นที่

การประมวลผลข้อมูล

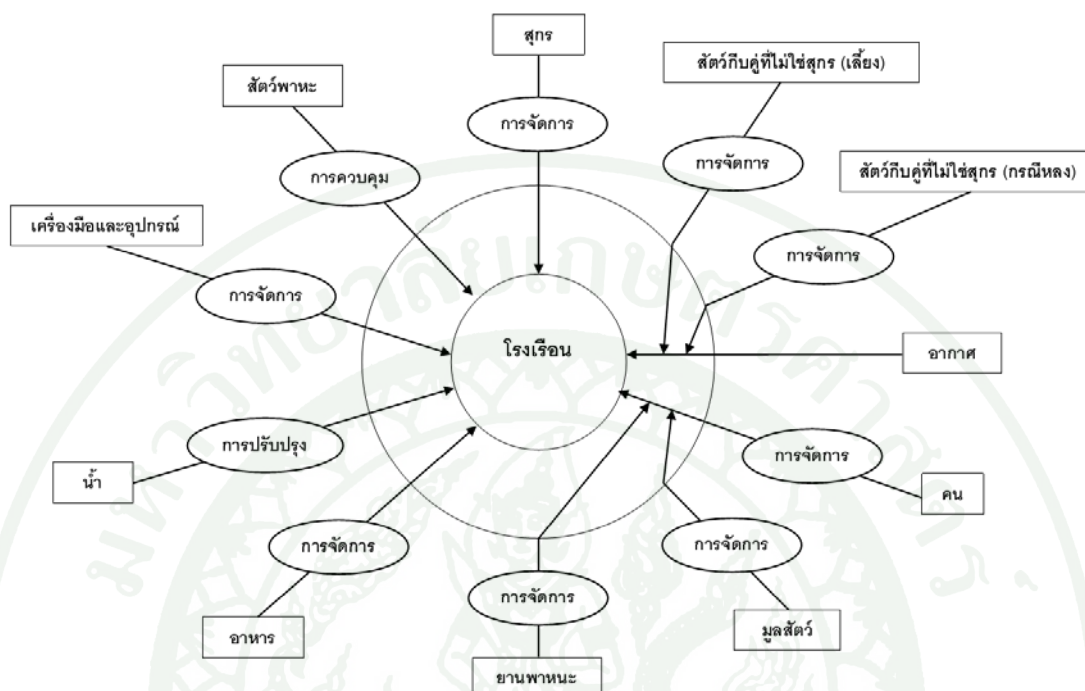
ทำการประมวลผลข้อมูลด้วย Monte Carlo simulation software (@Risk version 5.0; Palisade Corp., Ithaca, NY) ซึ่งเป็นโปรแกรม add-in ทำงานร่วมกับ spreadsheet software (Excel; Microsoft, Redmond, WA) สำหรับสูตรในการคำนวณเขียนตามแบบจำลองของปัจจัยต่าง ๆ และใช้เทคนิค Latin-Hypercube sampling ในการคำนวณ

ขอบเขตการศึกษา

ฟาร์มสุกรในเขตภาคตะวันออกของประเทศไทยที่ได้รับการรับรองเป็นฟาร์มปลอดโรคปากและเท้าเปื่อยจากกรมปศุสัตว์ในช่วงระหว่างเดือนกันยายน 2553 ถึงเดือนกันยายน 2554 ประกอบไปด้วยฟาร์มในเขตพื้นที่จังหวัดจันทบุรีจำนวน 27 ฟาร์ม จังหวัดฉะเชิงเทราจำนวน 5 ฟาร์ม จังหวัดชลบุรีจำนวน 34 ฟาร์ม จังหวัดตราดจำนวน 12 ฟาร์ม จังหวัดนครนายกจำนวน 15 ฟาร์ม จังหวัดปราจีนบุรีจำนวน 7 ฟาร์ม จังหวัดระยองจำนวน 20 ฟาร์ม และจังหวัดสระแก้วจำนวน 14 ฟาร์ม รวมทั้งสิ้น 134 ฟาร์ม โดยปัจจัยเสี่ยงที่ทำการศึกษา ได้แก่

1. คน
2. ยานพาหนะ
3. เครื่องมือและอุปกรณ์
4. สุกรมีชีวิต
5. สัตว์ปีกคู่ที่ไม่ใช่สุกร
6. มูลสัตว์
7. สัตว์พาหะ
8. อาหาร
9. น้ำ
10. อากาศ

แบบจำลองภาพรวม



ภาพที่ 2 การนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าสู่โรงเรียนผ่านปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ

การประเมินความเสี่ยงทำเฉพาะกับปัจจัยเสี่ยงที่มีศักยภาพในการนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าสู่โรงเรียนเลี้ยงสุกรเท่านั้น ซึ่งได้แก่ คน สุกร นก น้ำ และอากาศ รวม 5 ปัจจัย สำหรับปัจจัยอื่น ๆ เช่น ยานพาหนะ เครื่องมือและอุปกรณ์ สัตว์กักขังที่ไม่ใช่สุกร มูลสัตว์ สัตว์พาหนะที่ไม่ใช่คน และอาหารนั้นไม่ทำการประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณเพิ่มเติมอีกเนื่องจากพบว่าปัจจัยเสี่ยงดังกล่าวมีความเสี่ยงในระดับต่ำมากหรือสามารถถูกนำไปคิดรวมกับปัจจัยเสี่ยงอื่น ๆ

ผลและวิจารณ์

ผล

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการสุ่มฟาร์มตัวแทนเก็บข้อมูลทั้งสิ้น 102 ฟาร์ม คิดเป็นร้อยละ 76.12 ของจำนวนฟาร์มเป้าหมายทั้งหมด จากการศึกษาความเสี่ยงของแต่ละปัจจัยเสี่ยงได้ผลการศึกษาดังต่อไปนี้

ยานพาหนะ

รถส่งอาหารซึ่งสามารถเข้ามาจอดในบริเวณฟาร์มและจอดใกล้โรงเรือนนั้นพบว่ามีความเสี่ยงของรถส่งอาหารของบริษัทกรณีที่ฟาร์มไม่ได้ใช้รถของฟาร์มบรรทุกอาหารเข้าฟาร์มเองพบว่ามีความเสี่ยงต่ำ เนื่องจากรถส่งอาหารไม่มีการสัมผัสตัวสุกรหรือผู้เลี้ยงสุกรโดยตรงและฟาร์มมีการพ่นน้ำยาฆ่าเชื้อรอบคันรถก่อนอนุญาตให้รถขนส่งอาหารเข้ามาในพื้นที่บริเวณฟาร์ม ฟาร์มที่ได้รับการรับรองเป็นฟาร์มปลอดโรคจากกรมปศุสัตว์มักเป็นฟาร์มขนาดใหญ่มีการซื้ออาหารครั้งละปริมาณมาก ดังนั้นโอกาสที่จะมีการแวะส่งแบ่งขายให้ฟาร์มอื่นแล้วเกิดการปนเปื้อนเชื้อและนำเชื้อเข้าฟาร์มจึงอยู่ในระดับต่ำ นอกจากนี้รถขนส่งอาหารโดยเฉพาะรถของบริษัทจะมีระบบ GPS ติดตามรถ ทำให้โอกาสที่พนักงานขับรถจะแวะเข้าฟาร์มอื่นเพื่อแอบแบ่งขายอาหารให้กับฟาร์มอื่นก่อนนำอาหารเข้าส่งที่ฟาร์มมีโอกาสเกิดขึ้นได้น้อยมาก

สำหรับกรณีรถขนส่งสุกร การจัดการรถขนส่งสุกรหลังการใช้งานจะใช้วิธีนำรถไปล้างและฆ่าเชื้อด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อที่สถานีบริการน้ำมันที่ทางฟาร์มได้ทำการติดต่อไว้แล้วก่อนที่จะมีการนำมาล้างและฆ่าเชื้ออีกครั้งที่ฟาร์มและจอดพักรอการใช้งานครั้งต่อไป สารฆ่าเชื้อที่ฟาร์มนิยมใช้ ได้แก่ ไอโอดีน และกลูตาราลดีไฮด์ จากการสัมภาษณ์ยังพบว่ารถที่ใช้ขนส่งสุกรจะไม่ถูกนำมาใช้งานร่วมกับสัตว์ปีกชนิดอื่น เช่น โค กระบือ แพะ แกะ อันเนื่องมาจากเหตุผลทางข้อปฏิบัติของศาสนาอิสลาม

การประเมินความเสี่ยงพบว่ายานพาหนะไม่สามารถนำเชื้อเข้าสู่โรงเรือนได้โดยตรงและจะสามารถนำเชื้อเข้าฟาร์มได้ในกรณีที่ยานพาหนะดังกล่าวถูกนำไปจอดในบริเวณฟาร์ม

อย่างไรก็ตามความเสี่ยงดังกล่าวสามารถเข้าสู่โรงเรียนได้โดยผ่านคน ดังนั้นความเสี่ยงดังกล่าวจะถูกนำไปคิดรวมกับความเสี่ยงของคน

เครื่องมือและอุปกรณ์

จากการศึกษาพบว่าไม่มีการใช้เครื่องมือระหว่างฟาร์มและเครื่องมือที่นำเข้ามาใช้ในฟาร์มเป็นเครื่องมือที่ไม่เคยมีประวัติการถูกนำไปใช้กับฟาร์มอื่นหรือแหล่งที่มีความเสี่ยงมาก่อน กระสอบที่นำเข้ามาใช้ในฟาร์มเป็นกระสอบทอใหม่ ไม่เคยมีประวัติการถูกนำไปใช้งานกับฟาร์มอื่นหรือบรรจุอาหารมาก่อน สำหรับกรณีกรงชนสุกรที่มีการใช้งานร่วมกับฟาร์มอื่นนั้นจะถูกคิดรวมไปกับยานพาหนะ (รถขนส่งสุกร) ซึ่งจะถูกระเมินรวมกับความเสี่ยงของผู้ซื้อสุกร กรงชนสุกรและผู้ซื้อสุกรมีความเสี่ยงในระดับเดียวกันเนื่องจากมีประวัติแหล่งที่มาเหมือนกันและโอกาสการสัมผัสรับเชื้อใกล้เคียงกัน ทั้งนี้กรงชนสุกรไม่ได้ถูกนำเข้าไปใช้ในบริเวณโรงเรียนโดยตรงแต่การนำพาเชื้อจากกรงชนสุกรเข้าโรงเรียนจะเกิดขึ้นได้โดยผ่านคน ดังนั้นความเสี่ยงของกรงชนสุกรจึงถูกนำไปคิดรวมกับความเสี่ยงของคน

สัตว์ปีกที่ไม่ใช่สุกร

สัตว์ปีกที่ไม่ใช่สุกรในกรณีที่หลงเข้าฟาร์มหรือถูกนำมาเลี้ยงในบริเวณฟาร์มนั้นไม่พบว่าจะเคยเกิดขึ้นกับฟาร์มที่ทำการศึกษา ดังนั้นความเสี่ยงการนำเข้าเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยผ่านสัตว์ปีกอื่นที่ไม่ใช่สุกรจึงอยู่ในระดับต่ำมากหรือแทบจะไม่พบ

มูลสัตว์

จากการศึกษาพบว่าฟาร์มที่ทำการศึกษาไม่มีการนำเข้ามูลสัตว์จากภายนอกมาใช้ในบริเวณฟาร์ม หากจะมีการเคลื่อนย้ายมูลสัตว์จะเป็นเพียงการเคลื่อนย้ายมูลสุกรออกนอกบริเวณฟาร์มให้ชาวสวนทำปุ๋ยหรือเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาตกเท่านั้น ไม่พบการนำเข้ามูลสัตว์จากภายนอกมาใช้แต่อย่างใด ดังนั้นความเสี่ยงการนำเข้าเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยของมูลสัตว์เข้าฟาร์มสุกรจึงอยู่ในระดับต่ำมากหรือแทบจะไม่พบ

สำหรับวิธีการกำจัดมูลสุกรและน้ำทิ้งที่ฟาร์มใช้ ได้แก่ ขยายหรือให้คนเลี้ยงปลา คนทำไร่นาทำสวน ปล่อยลงบ่อปลาในฟาร์มหรือบ่อหมักแก๊สชีวภาพของฟาร์ม สำหรับช่องทางที่เชื้อจะเข้าฟาร์มผ่านผู้รับมูลสุกรมีความเสี่ยงในระดับต่ำมากเนื่องจากฟาร์มจะเป็นผู้ทำหน้าที่ขนมูลดังกล่าวออกไปกองไว้ให้นอกเขตฟาร์มและจะกระทำในช่วงเย็นของวัน ไม่มีการเข้าโรงเรือนเลี้ยงสุกรหลังจากเสร็จจากงานดังกล่าว นอกจากนี้ฟาร์มยังกำหนดข้อตกลงกับผู้ที่จะรับมูลมูลสุกรไว้ว่า จะต้องรับมูลจากฟาร์มดังกล่าวเพียงแห่งเดียวเท่านั้น ซึ่งเป็นการลดความเสี่ยงการนำเชื้อมายังบริเวณจุดส่งมอบมูลสุกรโดยผู้รับมอบมูลสุกร

อาหาร

จากการศึกษาพบว่าอาหารมีความเสี่ยงในระดับต่ำมากเนื่องจากอาหารที่ฟาร์มที่ทำการศึกษาใช้ส่วนมากจะเป็นอาหารสำเร็จรูปจากบริษัทซึ่งผ่านการอบด้วยความร้อนและไม่มีส่วนประกอบที่ทำจากสัตว์ปีก (เนื้อสัตว์ที่ใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารสำเร็จรูปของผู้ผลิตคือเนื้อไก่) สำหรับฟาร์มใช้อาหารผสมเองพบว่าไม่มีส่วนประกอบที่ทำจากสัตว์ปีกเช่นกัน หากจะมีก็เป็นเนื้อป่นที่นำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งเมื่อโทรศัพท์ไปสอบถามบริษัทผู้นำเข้าแล้วได้รับคำตอบว่าเป็นการนำเข้าจากประเทศอิตาลีและเยอรมนีซึ่งเป็นประเทศที่มีสถานะปลอดโรคปากและเท้าเปื่อย ดังนั้นความเสี่ยงการนำเข้าเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยผ่านอาหารจึงอยู่ในระดับที่ต่ำมาก

คน

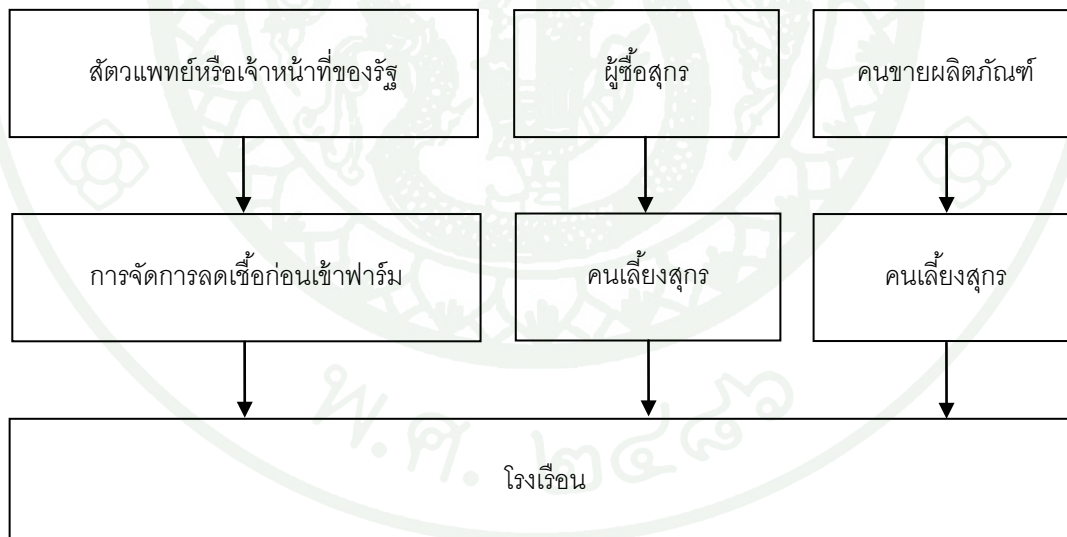
จากการศึกษาพบว่ากลุ่มคนที่เข้าฟาร์มได้แก่ เจ้าของฟาร์ม ผู้จัดการฟาร์ม พนักงานของฟาร์ม เพื่อนหรือคนในครอบครัวของพนักงานในฟาร์ม ช่างซ่อม ผู้ซื้อสุกร คนส่งอาหาร คนขายผลิตภัณฑ์ สัตวแพทย์ประจำฟาร์ม เจ้าหน้าที่ของรัฐและนักศึกษาฝึกงาน โดยกลุ่มคนที่เชื่อว่ามีความเสี่ยงสูงได้แก่ ผู้ซื้อสุกร คนขายผลิตภัณฑ์ สัตวแพทย์ประจำฟาร์มและเจ้าหน้าที่ของรัฐสำหรับเจ้าของฟาร์ม ผู้จัดการฟาร์ม พนักงานของฟาร์ม เพื่อนหรือคนในครอบครัวของพนักงานในฟาร์มเชื่อว่ามีความเสี่ยงต่ำเนื่องจากคนกลุ่มนี้ รูปแบบการดำรงชีวิตจะข้องเกี่ยวกับฟาร์มที่ดูแลเพียงฟาร์มเดียวหรือไม่ก็ฟาร์มซึ่งเป็นฟาร์มในระบบการเลี้ยงที่คล้ายคลึงกัน มีระบบการป้องกันโรคเข้าฟาร์มอยู่ในระดับเดียวกัน และยังพบว่าไม่มีความเสี่ยงที่จะไปรับเชื้อจากสัตว์กับผู้อื่น ๆ ในกรณีของพนักงานในฟาร์มที่ลากลับบ้านต่างจังหวัดเมื่อกลับเข้ามาในฟาร์มจะถูกพักโรคก่อนเข้าฟาร์มโดยให้ไปทำงานส่วนอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงก่อนเริ่มปฏิบัติงานตามปกติ เช่น ให้ไปตัดหญ้า ทำสวน ล้างท่อ เป็นต้น สำหรับกรณีช่างซ่อมมักเป็นช่างประจำของฟาร์มเองโดยพักในฟาร์มหรือช่างประจำจากภายนอกซึ่งการดำรงชีวิตประจำวันไม่ได้ไปข้องเกี่ยวกับหรือสัมผัสสัตว์กับคู่ (ไม่มีการเลี้ยงที่บ้านหรือรับจ้างฟาร์มอื่นร่วมด้วย) กรณีที่มีความจำเป็นต้องใช้ช่างจากภายนอก (ช่างทั่วไปซ่อมครั้งใหญ่) มักจะเป็นการซ่อมในช่วงที่ไม่มีการเลี้ยงสุกร ซึ่งไม่มีความเสี่ยงที่จะนำเชื้อมาติดสุกรในฟาร์ม กรณีคนส่งอาหารมักเป็นพนักงานของคนในฟาร์มเอง (ไม่ได้ส่งอาหารให้ฟาร์มอื่น) หรือเป็นเจ้าของประจำซึ่งขนส่งอาหารลงจุดที่กำหนด (จุดเก็บอาหาร) ไม่ได้มีการติดต่อกับคนเลี้ยงของฟาร์มจึงเชื่อว่าคนกลุ่มนี้มีความเสี่ยงในการนำเชื้อเข้าฟาร์ม (ถึงโรงเรือน) ในระดับต่ำมาก กรณีนักศึกษาฝึกงานมักจะเข้าฝึกเพียงฟาร์มเดียวในช่วงปิดเทอมและทางฟาร์มจะให้พักโรคในฟาร์มก่อนเริ่มเข้าฝึกในโรงเรือนเลี้ยงสุกร นอกจากนี้หากเป็นช่วงที่มีการระบาดของโรคฟาร์มมักจะเข้มงวดการเข้าออกของคนบริเวณฟาร์มโดยเฉพาะบริเวณที่มีการเลี้ยงสุกรและพยายามไม่ให้เข้าหรือออกไปไหน ซึ่งฟาร์มสามารถทราบสถานการณ์การระบาดของโรคได้จากผู้เลี้ยงสุกรรายอื่น ราคาสุกรที่ต่ำลงจากผู้ซื้อสุกร การขาดตลาดของวัคซีนอันเนื่องมาจากการขาดการรายอื่นซื้อมาใช้ในฟาร์มของตนเอง เป็นต้น

คนที่สามารถเข้าโรงเรือนได้มี 2 กลุ่ม กลุ่มแรกคือสัตวแพทย์ประจำฟาร์มและเจ้าหน้าที่ของรัฐซึ่งเข้าโรงเรือนเพื่อตรวจสุขภาพสุกรหรือเก็บตัวอย่างจากสุกร เช่น เก็บตัวอย่างปัสสาวะเพื่อตรวจหาสารเร่งเนื้อแดง กลุ่มที่สองคือคนเลี้ยงสุกร คนกลุ่มแรกทั้งสัตวแพทย์และเจ้าหน้าที่ของรัฐ

จัดเป็นกลุ่มคนที่มีลักษณะใกล้เคียงกันหรือมีความเสี่ยงอยู่ในระดับเดียวกัน การจัดการคนกลุ่มที่หนึ่งก่อนเข้าฟาร์มมีความหลากหลายกันในแต่ละฟาร์มซึ่งสามารถจำแนกได้ 6 กลุ่มดังนี้

1. สเปร์ยร่วมกับการอาบน้ำสระผม เปลี่ยนชุดและรองเท้า
2. อาบน้ำสระผม เปลี่ยนชุดและรองเท้า
3. สเปร์ยเปลี่ยนชุดและรองเท้า
4. เปลี่ยนชุดและรองเท้า
5. สเปร์ยและเปลี่ยนรองเท้า
6. ไม่มีการจัดการก่อนเข้าฟาร์ม

การประเมินความเสี่ยงการนำเชื้อเข้าฟาร์มผ่านคนกลุ่มแรกสามารถทำได้โดยประเมินโอกาสที่คนกลุ่มนี้นำเชื้อเข้าฟาร์ม โอกาสเชื้อหลงเหลือหลังจากผ่านกระบวนการจัดการลดเชื้อก่อนเข้าฟาร์ม (ดังภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 การนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าโรงเรียนโดยกลุ่มคนที่มีความเสี่ยงต่าง ๆ

คนกลุ่มที่สองกลุ่มคนเลี้ยงสุกรเป็นกลุ่มคนที่ทำงานและพักอาศัยอยู่ในฟาร์ม คนกลุ่มนี้จึงมีโอกาสที่ปนเปื้อนเชื้อจากภายนอกโดยอยู่ในระดับแทบจะไม่พบ อย่างไรก็ตามคนกลุ่มนี้สามารถปนเปื้อนเชื้อได้จากกิจกรรมของฟาร์ม เช่น การขายสุกร ขายมูลสุกร การเข้าไปติดต่อที่สำนักงาน

(รับเชื้อจากคนขายผลิตภัณฑ์ซึ่งพาเชื้อเข้าสำนักงาน) การขายสุกรและมูลสุกรสามารถรับเชื้อจากบริเวณเล้าขายสุกรและบริเวณที่จุดส่งมอบมูลสุกรซึ่งนำพาเชื้อเข้ามาโดยผู้ซื้อสุกรหรือผู้รับมูลสุกร แต่จากการสอบถามพบว่าฟาร์มมักจะใช้ทีมจับขายแยกจากทีมเลี้ยงและการขนมูลสุกรจะกระทำในช่วงเวลาใกล้เลิกงานโดยการขนมูลสุกรไปไว้บริเวณดังกล่าวจะกระทำเป็นกิจกรรมสุดท้ายของวัน อย่างไรก็ตามความเสี่ยงของการนำเชื้อเข้าฟาร์มโดยผู้ซื้อสุกรมีความเสี่ยงค่อนข้างสูงจึงได้ประเมินความเสี่ยงจากเหตุการณ์ดังกล่าวด้วย สำหรับผู้รับมูลสุกรพบว่ามีความเสี่ยงค่อนข้างต่ำ เนื่องจากจากการสัมภาษณ์พบว่ากลุ่มคนดังกล่าวเป็นเจ้าประจำและได้ทำข้อตกลงกับฟาร์มว่าจะรับซื้อมูลสุกรจากฟาร์มใดฟาร์มหนึ่งเพียงฟาร์มเดียว (การรับมูลสุกรจากฟาร์มเดียวก็มีความเสี่ยงพอต่อการใช้งาน) ดังนั้นโอกาสที่คนรับมูลสุกรจะนำพาเชื้อเข้ามายังบริเวณจุดรับมอบซึ่งอยู่นอกเขตฟาร์มจึงน้อยมาก การประเมินความเสี่ยงการนำเชื้อเข้าฟาร์มผ่านผู้ซื้อสุกรทำได้โดยประเมินความเสี่ยงที่ผู้ซื้อสุกรมีเชื้อปนเปื้อนมาซื้อสุกร โอกาสที่คนเลี้ยงสุกรจะสัมผัสรับเชื้อผ่านจุดซื้อขายสุกรหรือการพูดคุยกันโดยตรงกับผู้ซื้อสุกรนานมากกว่า 4 นาที

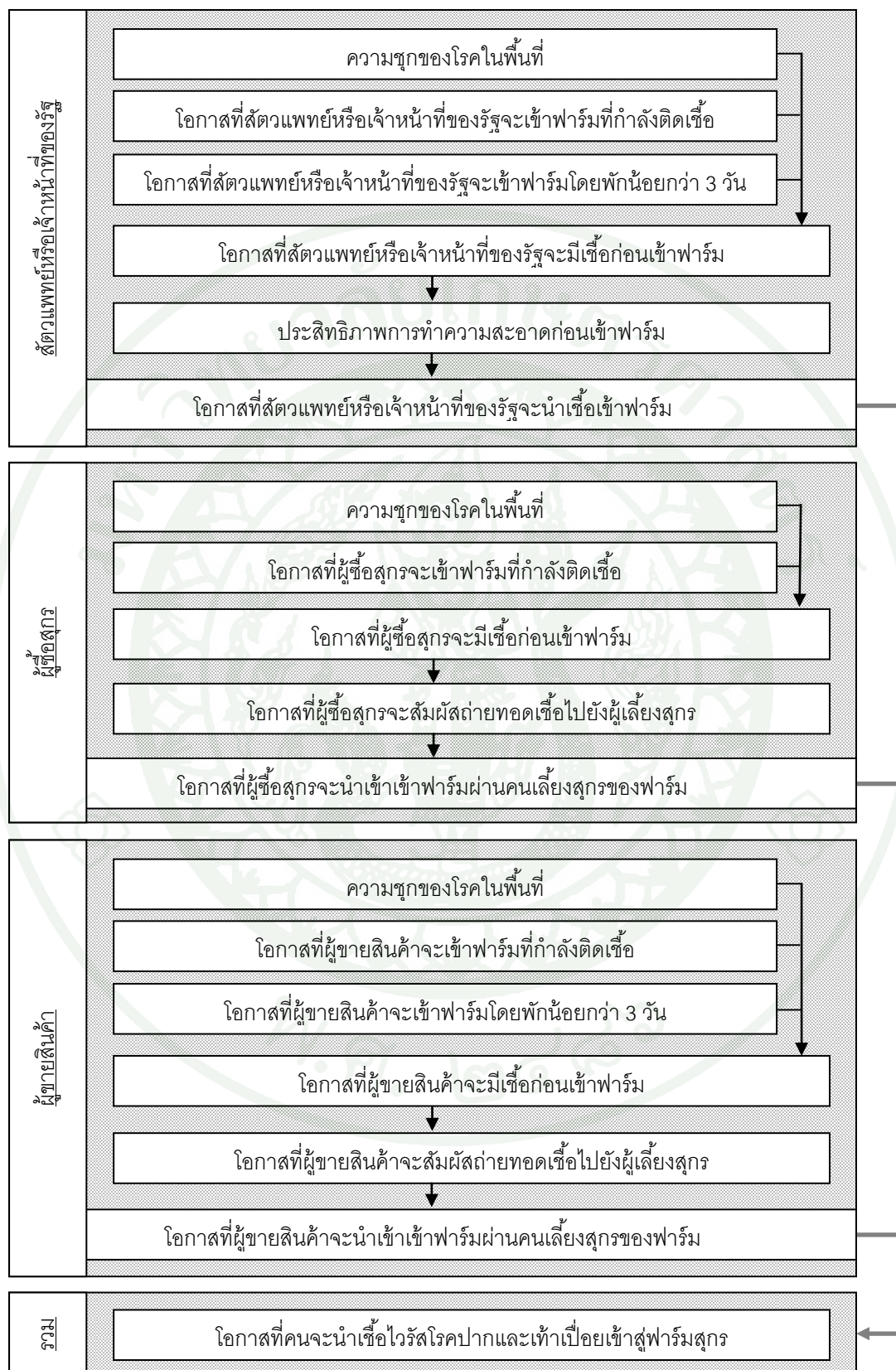
ฟาร์มหลายฟาร์มพบว่าใช้วิธีการแยกคนขายสุกรและคนเลี้ยงสุกรแยกทีมกันชัดเจน อย่างไรก็ตามจากการสัมภาษณ์พบว่าฟาร์มสุกรขุนในลักษณะเข้าออกหมดทีเดียว (all-in-all-out-system) มีความเสี่ยงที่เชื้อจะเข้าสู่ฟาร์มในช่วงการจับสูงกว่าช่วงเวลาอื่น ๆ จากรถและคนที่เข้ามาจับสุกรในช่วงเวลาดังกล่าวเมื่อเทียบกับช่วงเวลาที่มีการเลี้ยงตามปกติ และมีความเสี่ยงที่จะได้รับเชื้อเข้าโรงเรือนผ่านรถและผู้ซื้อสุกรมากกว่าฟาร์มประเภทอื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องจากพบว่าฟาร์มที่มีการเลี้ยงในลักษณะดังกล่าวไม่มีโรงเรือนเล้าขายสุกรแยกออกจากโรงเรือนเลี้ยงสุกรและรถที่มาจับสุกรจะจอดบริเวณหน้าโรงเรือนเลี้ยงโดยตรง นอกจากนี้ยังพบว่าฟาร์มสุกรขุนในลักษณะเข้าออกหมดทีเดียวมีความระมัดระวังเชื้อที่จะเข้าฟาร์มจากรถและผู้ซื้อสุกรน้อยกว่าฟาร์มในประเภทอื่น ๆ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากฟาร์มมองว่าเป็นการขายสุกรออกนอกฟาร์ม ฟาร์มจึงไม่ได้มีการระมัดระวังโรคเข้าฟาร์มในช่วงเวลาดังกล่าว แม้ว่าเป็นการขายสุกรออกนอกฟาร์มแต่ฟาร์มกลุ่มนี้มักจะใช้ระยะเวลาหลายวันต่อหนึ่งรุ่นการเลี้ยง ซึ่งส่งผลสุกรในฟาร์มที่รอการจับมีโอกาสได้รับเชื้อจากรถจับสุกรและผู้ซื้อสุกรในช่วงเวลาดังกล่าว

นอกจากคนเลี้ยงสุกรจะรับเชื้อผ่านการนำพาเชื้อมาโดยคนรับซื้อสุกรแล้วยังสามารถรับเชื้อผ่านจากพนักงานขายยา วัคซีน อาหารและผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้ คนกลุ่มนี้อาจเข้าฟาร์มหลายแห่งในช่วงระยะเวลาน้อยกว่า 2 วันซึ่งเป็นระยะที่ควรพักโรคก่อนเข้าฟาร์มถัดไป อย่างไรก็ตาม

ทางฟาร์มจะอนุญาตให้คนกลุ่มนี้เข้าฟาร์มได้แค่สำนักงานของฟาร์มโดยไม่อนุญาตให้เข้าถึงโรงเรือนเลี้ยงสุกร อย่างไรก็ตามคนกลุ่มนี้สามารถพาเชื้อเข้าโรงเรือนได้โดยผ่านคนเลี้ยงสุกรที่เข้ามาติดต่อ รับยา วัคซีน ฯลฯ ที่สำนักงานหรือจากการพูดคุยกับคนกลุ่มนี้นานมากกว่า 4 นาที

จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเรื่องคนเข้าฟาร์ม 100 ครั้งโดยกระจายหลายฟาร์มหลายช่วงเวลาตลอดทั้งปีจะเข้าฟาร์มที่กำลังมีสุกรป่วยด้วยโรคปากและเท้าเปื่อยในระยะแพร่เชื้อและนำเชื้อออกจากฟาร์ม 0-10 ครั้ง โอกาสที่คนจะเข้าฟาร์มที่กำลังป่วยและปล่อยเชื้ออยู่ในระดับที่น้อยมากเนื่องจากหากฟาร์มกำลังมีโรคระบาดอยู่จริงฟาร์มมักจะปิดฟาร์มไม่ให้เข้าฟาร์มหรือกรณีเจ้าหน้าที่ของรัฐหากจำเป็นต้องเข้าฟาร์มก็มักจะรู้และปฏิบัติตามระยะเวลาการพักโรคอยู่แล้ว โดยพักโรคอย่างน้อย 2-3 วันก่อนเข้าฟาร์มถัดไป สำหรับกรณีของคนขายผลิตภัณฑ์ผู้เชี่ยวชาญให้ความเห็นว่าคนกลุ่มนี้มีโอกาสไม่พักโรคร้อยละ 0-30 แม้ว่าคนขายผลิตภัณฑ์จะไม่ได้เข้าโรงเรือนโดยตรงแต่มีโอกาสนำเชื้อเข้าโรงเรือนโดยผ่านคนเลี้ยงสุกรที่มาสัมผัสรับเชื้อจากบริเวณสำนักงาน โดยมีโอกาส 20-30 ครั้งจากการมีเชื้อเข้าฟาร์มทั้งหมด 100 ครั้ง

การนำเข้าเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยผ่านคนสามารถเกิดขึ้นผ่านสัตวแพทย์หรือเจ้าหน้าที่ของรัฐ ผู้ซื้อสุกร คนเสนอขายผลิตภัณฑ์ และคนเลี้ยงสุกร ดังภาพที่ 3 โดยมีแนวคิดในการคำนวณดังภาพที่ 4 และอาศัยข้อมูลจากตารางที่ 11 ในการคำนวณ



ภาพที่ 4 การประเมินความเสี่ยงการนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าสู่ฟาร์มผ่านคน

ตารางที่ 11 ข้อมูลในการประเมินความเสี่ยงจากคน

ตัวแปร	รูปแบบการกระจายตัว	พารามิเตอร์	ข้อมูล	การอ้างอิง
ความชุกของโรคในพื้นที่	BetaGeneral	$\alpha 1$	0.025	สสอ.2, 2553
		$\alpha 2$	0.481	
		ค่าต่ำสุด	0	
		ค่าสูงสุด	1	
สัดส่วนที่มีการติดเชื้อ	Point data	-	0.900	ข้อกำหนด ของโมเดล
โอกาสที่สัตว์แพทย์หรือ เจ้าหน้าที่ของรัฐจะเข้า ฟาร์มที่กำลังติดเชื้อ	Uniform	ค่าต่ำสุด	0	ความเห็น
		ค่าสูงสุด	0.500	ผู้เชี่ยวชาญ
โอกาสที่สัตว์แพทย์หรือ เจ้าหน้าที่ของรัฐจะเข้า ฟาร์มโดยพักน้อยกว่า 3 วัน	Uniform	ค่าต่ำสุด	0	ความเห็น
		ค่าสูงสุด	0.100	ผู้เชี่ยวชาญ
ร้อยละของฟาร์มที่ลดเชื้อ ด้วยวิธีการอาบน้ำ เปลี่ยน เสื้อผ้า รองเท้า ร่วมกับการ พ่นน้ำยาฆ่าเชื้อ	Point data	-	29/98	ข้อมูลการ จากสำรวจ
ประสิทธิภาพการอาบน้ำ เปลี่ยนเสื้อผ้า รองเท้า ร่วมกับการพ่นน้ำยาฆ่าเชื้อ	Uniform	ค่าต่ำสุด	0.800	ข้อกำหนด
		ค่าสูงสุด	0.950	ของโมเดล
ร้อยละของฟาร์มที่ลดเชื้อ ด้วยวิธีการอาบน้ำ เปลี่ยน เสื้อผ้าและรองเท้า	Point data	-	8/98	ข้อมูลการ จากสำรวจ
ประสิทธิภาพการอาบน้ำ เปลี่ยนเสื้อผ้าและรองเท้า	Uniform	ค่าต่ำสุด	0.750	ข้อกำหนด
		ค่าสูงสุด	0.900	ของโมเดล
ร้อยละของฟาร์มที่ลดเชื้อ ด้วยวิธีการพ่นน้ำยาฆ่าเชื้อ และการเปลี่ยนรองเท้า	Point data	-	5/98	ข้อมูลการ จากสำรวจ
ประสิทธิภาพการพ่นน้ำยา ฆ่าเชื้อและการเปลี่ยน รองเท้า	Uniform	ค่าต่ำสุด	0.200	ข้อกำหนด
		ค่าสูงสุด	0.300	ของโมเดล

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ตัวแปร	รูปแบบการกระจายตัว	พารามิเตอร์	ข้อมูล	การอ้างอิง
ร้อยละของฟาร์มที่ลดเชื้อด้วยวิธีการเปลี่ยนเสื้อผ้าและรองเท้า	Point data	-	4/98	ข้อมูลการจากสำรวจ
ประสิทธิภาพการเปลี่ยนเสื้อผ้าและรองเท้า	Uniform	ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด	0.550 0.650	ข้อกำหนด ของโมเดล
ร้อยละของฟาร์มที่ลดเชื้อด้วยวิธีการพ่นน้ำยาฆ่าเชื้อเปลี่ยนเสื้อผ้าและรองเท้า	Point data	-	49/98	ข้อมูลการจากสำรวจ
ประสิทธิภาพการพ่นน้ำยาฆ่าเชื้อ เปลี่ยนเสื้อผ้าและรองเท้า	Uniform	ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด	0.650 0.750	ข้อกำหนด ของโมเดล
จำนวนครั้งที่สัตว์แพทย์และเจ้าหน้าที่ของรัฐที่เข้าฟาร์มต่อปี	Normal	μ σ ค่าต่ำสุด	13.968 9.609 0	ข้อมูลการจากสำรวจ
โอกาสที่ผู้ซื้อสุกรจะเข้าฟาร์มที่กำลังติดเชื้อ	Uniform	ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด	0 0.500	ความเห็น ผู้เชี่ยวชาญ
โอกาสที่ผู้ซื้อสุกรจะสัมผัสถ่ายทอดเชื้อไปยังผู้เลี้ยงสุกร	Uniform	ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด	0 0.300	ความเห็น ผู้เชี่ยวชาญ
จำนวนครั้งที่ผู้ซื้อสุกรเข้าฟาร์มในหนึ่งปี	Lognormal	μ σ Shift	88.275 703.990 -0.062	ข้อมูลการจากสำรวจ
โอกาสที่ผู้ขายสินค้าจะเข้าฟาร์มที่กำลังติดเชื้อ	Uniform	ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด	0 0.200	ความเห็น ผู้เชี่ยวชาญ
โอกาสที่ผู้ขายสินค้าจะเข้าฟาร์มโดยพักน้อยกว่า 3 วัน	Uniform	ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด	0 0.300	ความเห็น ผู้เชี่ยวชาญ
โอกาสที่ผู้ขายสินค้าจะสัมผัสถ่ายทอดเชื้อไปยังผู้เลี้ยงสุกร	Uniform	ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด	0 0.300	ความเห็น ผู้เชี่ยวชาญ
จำนวนครั้งที่ผู้ขายสินค้าเข้าฟาร์มในหนึ่งปี	Triangle	ค่าต่ำสุด ค่ามัธยฐาน ค่าสูงสุด	0 26 52	ข้อมูลการจากสำรวจ

ข้อกำหนดของแบบจำลองความเสี่ยงจากคน

- สัตวแพทย์ประจำฟาร์มและเจ้าหน้าที่ของรัฐเป็นกลุ่มบุคคลที่สามารถเข้าโรงเรือนเลี้ยงสุกรได้และมีความเสี่ยงนำเชื้อเข้าฟาร์มเท่ากัน

- โอกาสสัตว์แพทย์ประจำฟาร์มและเจ้าหน้าที่ของรัฐนำเชื้อเข้าฟาร์มคำนวณจากความชุกของเชื้อโรคปากและเท้าเปื่อยของโคกระบือในพื้นที่คูณด้วย 0.90 คูณด้วยโอกาสที่คนกลุ่มนี้จะเข้าฟาร์มที่กำลังติดเชื้อมาก่อน (0.50) คูณด้วยโอกาสที่คนกลุ่มนี้จะไม่พักครบ 3 วันก่อนเข้าฟาร์ม (0.10)

- ประสิทธิภาพของการลดเชื้อก่อนเข้าฟาร์มด้วยวิธีการสเปรย์ร่วมกับวิธีการอาบน้ำสระผมและเปลี่ยนชุดเท่ากับ 0.80-0.95, อาบน้ำสระผมร่วมกับการเปลี่ยนชุดเท่ากับ 0.75-0.90, สเปรย์และเปลี่ยนชุดเท่ากับ 0.65-0.75, เปลี่ยนชุดอย่างเดียว 0.55-0.65, สเปรย์อย่างเดียว 0.20-0.30

- โอกาสผู้ซื้อสุกรนำเชื้อเข้าฟาร์มคำนวณจากความชุกของการพบ NSP เชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยในโคกระบือในพื้นที่คูณด้วย 0.90 คูณด้วยโอกาสที่คนกลุ่มนี้จะเข้าฟาร์มที่กำลังติดเชื้อมาก่อน (0.50)

- โอกาสที่คนเลี้ยงสุกรรับเชื้อจากเจ้าของสุกร (นำพาเชื้อมาโดยผู้ซื้อสุกรและเชื้อมีความคงทนในสารอินทรีย์) หรือสัมผัสรับเชื้อจากผู้ซื้อสุกรโดยตรงเข้าโรงเรือน (กรณีฟาร์มสุกรขุนระบบ all in all out) เท่ากับ 0.30

- คนเลี้ยงสุกรมีโอกาสนำเชื้อเข้าโรงเรือนโดยมีจำนวนครั้งที่ได้รับเชื้อเท่ากับจำนวนครั้งที่มีการขายสุกรและจำนวนครั้งที่มีการซื้อสุกรต่อสัปดาห์ใช้ข้อสันนิษฐานที่ผู้ซื้อสุกรเป็นเจ้าของประจำ ดังนั้นกำหนดให้มีจำนวนครั้งไม่เกิน 3 ครั้งต่อสัปดาห์หรือ 156 ครั้งต่อปี

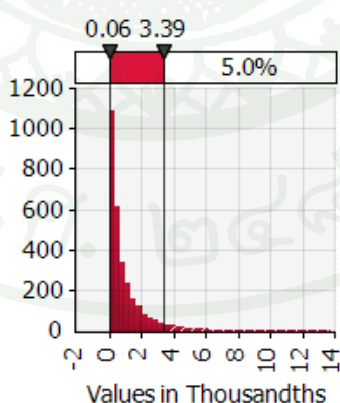
- โอกาสคนขายผลิตภัณฑ์นำเชื้อเข้าฟาร์มคำนวณจากความชุกของการพบ NSP เชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยในโคกระบือในพื้นที่คูณด้วย 0.90 คูณด้วยโอกาสที่คนกลุ่มนี้จะเข้า

ฟาร์มที่กำลังติดเชื้อมาก่อน (0.20) คุณด้วยโอกาสที่คนกลุ่มนี้จะไม่พักครบ 3 วันก่อนเข้าฟาร์ม (0.30)

- พนักงานขายสามารถถ่ายเชื้อไปยังสำนักงาน
- โอกาสที่คนเลี้ยงสุกรรับเชื้อเข้าโรงเรือนจากสำนักงานหรือคนขายผลิตภัณฑ์โดยตรง หรือผ่านทางลมหายใจเท่ากับ 0.30
- การเข้าออกฟาร์มหลายคนจากแหล่งที่มาเดียวกันให้นับเป็น 1 คนหรือคนกลุ่มเดิมเข้าออกมากกว่า 1 ครั้งต่อวันให้นับเป็น 1 ครั้ง

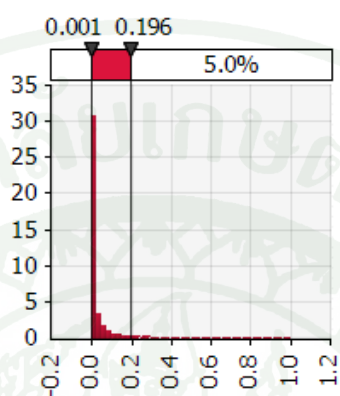
ผลการประเมินความเสี่ยงจากคน

จากข้อมูลการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรแต่ละฟาร์มเมื่อนำมาทำการประมวลผล ข้อมูลตามหลักการแนวคิดตามภาพที่ 4 และข้อมูลจากตารางที่ 11 พบว่าโอกาสที่คนจะนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยในหนึ่งวันมีค่าอยู่ในช่วง 2.721×10^{-6} ถึง 1.377×10^{-2} โดยมีค่ามัธยฐานเท่ากับ 5.246×10^{-4} และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.672×10^{-4} ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 โอกาสของการนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยผ่านคนเข้าฟาร์มหนึ่งครั้ง

โอกาสที่คนจะนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยอย่างน้อยหนึ่งครั้งในระยะเวลาหนึ่งปี มีค่าอยู่ในช่วง 2.238×10^{-5} ถึง 1 โดยมีค่ามัธยฐานเท่ากับ 6.804×10^{-3} และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.018×10^{-2} ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 โอกาสของการนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าฟาร์มอย่างน้อยหนึ่งครั้งในหนึ่งปีผ่านคน

สุกร

จากการศึกษาพบว่าฟาร์มที่ได้รับการรับรองเป็นฟาร์มปลอดโรคจากกรมปศุสัตว์ประกอบไปด้วยฟาร์มในหลายลักษณะซึ่งได้แก่ ฟาร์มสุกรอนุบาล ฟาร์มสุกรขุนแบบเข้าและออกหมดครั้งเดียวทั้งฟาร์ม ฟาร์มสุกรขุนแบบเข้าและออกหมดหลายรุ่นต่อเนื่องกัน (แยกตามโรงเรือน) ฟาร์มสุกรขุนเป็นพ่อแม่พันธุ์ ฟาร์มสุกรพ่อแม่พันธุ์ ฟาร์มสุกรขุนพ่อแม่พันธุ์และฟาร์มสุกรแบบครบวงจร ซึ่งขนาดของฟาร์มแต่ละประเภทก็ยังมีความแตกต่างกัน อาทิเช่น กลุ่มฟาร์มสุกรขุนมีขนาดแตกต่างกันตั้งแต่ 350-46,000 ตัวต่อฟาร์ม กลุ่มฟาร์มพ่อแม่พันธุ์และฟาร์มขุนพ่อแม่พันธุ์มีขนาดตั้งแต่ 220-6,600 แม่ต่อฟาร์มและกลุ่มฟาร์มครบวงจรมีขนาดแตกต่างกันตั้งแต่ 200-2,800 แม่ต่อฟาร์ม

นอกจากการจำแนกตามประเภทฟาร์มและขนาดฟาร์มแล้วฟาร์มสุกรในกลุ่มที่ทำการศึกษายังสามารถจำแนกตามรูปแบบการบริหารงานและการจัดการเชิงธุรกิจได้ 2 ลักษณะ ฟาร์มในลักษณะแรกคือฟาร์มที่อยู่ในความดูแลของบริษัทเอกชนรายใหญ่ และลักษณะที่สองคือฟาร์มอิสระรายย่อย สำหรับฟาร์มที่อยู่ในความดูแลของบริษัทรายใหญ่มิสามารถจำแนกได้ 2 กลุ่มย่อยคือ ฟาร์มที่บริษัทเป็นผู้ดูแลเองทั้งหมดและแบบที่สองคือแบบจ้างเลี้ยง

จากการศึกษาการนำเข้าสุกรมีชีวิตพบว่าชนิดของสุกรที่มีการนำเข้า ได้แก่ ลูกสุกรขุน ลูกสุกรพันธุ์ สุกรขุนและสุกรพันธุ์ โดยความถี่ของการนำเข้าสุกรอยู่ในช่วงทุก 4 ปีต่อหนึ่งครั้งถึง 104 ครั้งต่อปีและจำนวนสุกรที่นำเข้าต่อครั้งอยู่ในช่วง 1-15,000 ตัวต่อครั้ง โดยนำเข้าจากฟาร์มที่ได้รับการรับรองเป็นฟาร์มปลอดโรคปากและเท้าเปื่อยจากกรมปศุสัตว์ทั้งในและนอกเขตภาคตะวันออก ฟาร์มสุกรอนุบาลมีความถี่ของการนำเข้าสุกรอยู่ในช่วง 4-5 ครั้งต่อปี จำนวนครั้งละ 850 ตัว ฟาร์มสุกรขุนแบบเข้าและออกทีละครั้งเดียวทั้งฟาร์มมีความถี่ของการนำเข้าสุกรเท่ากับ 2 ครั้งต่อปี จำนวนครั้งละ 350-15,000 ตัว ฟาร์มสุกรขุนแบบเข้าและออกหมดหลายรุ่นต่อเนื่องกันมีความถี่ของการนำเข้าสุกรอยู่ในช่วง 52-104 ครั้งต่อปี จำนวนครั้งละ 200-3,000 ตัว ฟาร์มสุกรพ่อแม่พันธุ์มีความถี่ของการนำเข้าสุกรอยู่ในช่วง 4-12 ครั้งต่อปี จำนวนครั้งละ 60-120 ตัว ฟาร์มสุกรขุนพ่อแม่พันธุ์มีความถี่ของการนำเข้าสุกรอยู่ในช่วง 12-52 ครั้งต่อปี จำนวนครั้งละ 4-40 ตัว ฟาร์มสุกรแบบครบวงจรมีความถี่ของการนำเข้าสุกรอยู่ในช่วงทุก 4 ปีต่อหนึ่งครั้งถึง 12 ครั้งต่อปี จำนวนครั้งละ 1-100 ตัว วัตถุประสงค์ของการนำเข้าสุกรเข้าฟาร์มได้แก่ เพื่อนำมาอนุบาล ขุน ปรับปรุงพันธุ์และทดแทน

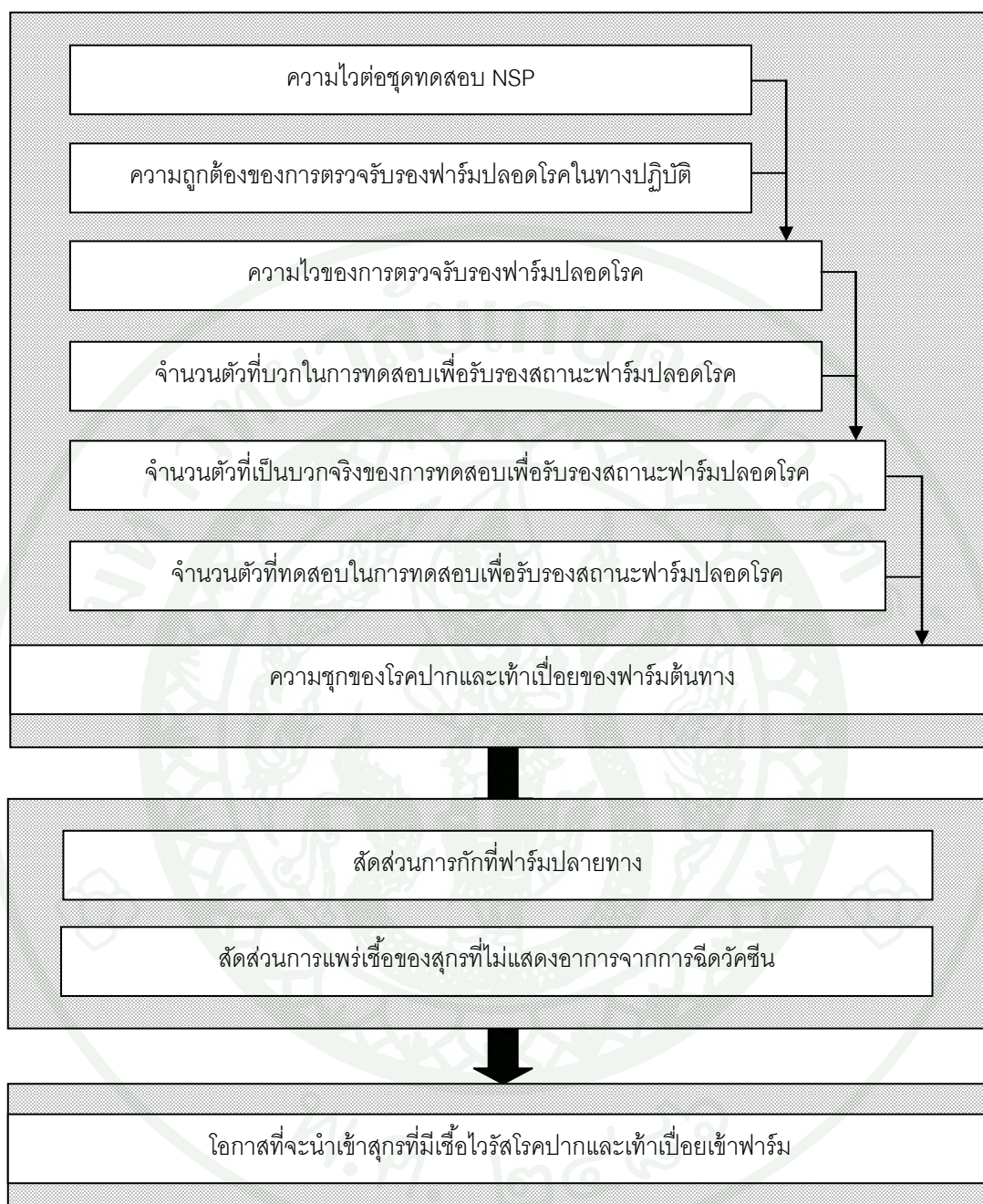
การนำเข้าสุกรมีชีวิตเริ่มต้นจากฟาร์มคัดเลือกฟาร์มต้นทางแหล่งที่มาของสุกร จากการสอบถามพบว่าฟาร์มคัดเลือกฟาร์มต้นทางจากประวัติฟาร์ม การใช้วัคซีนป้องกันโรคของฟาร์มต้นทาง การได้รับรองเป็นฟาร์มปลอดโรคปากและเท้าเปื่อยจากกรมปศุสัตว์หรือเป็นการนำเข้าจากฟาร์มในเครือของบริษัทของตนเอง การนำเข้าสุกรเข้าสู่ฟาร์มที่ได้รับการรับรองเป็นฟาร์มปลอดโรคปากและเท้าเปื่อยจากกรมปศุสัตว์สามารถนำเข้าจากฟาร์มที่ได้รับการรับรอง ฯ โดยที่ไม่ต้องตรวจผลทางห้องปฏิบัติการยืนยันสถานะภาพการปลอดโรคของสุกรที่จะนำเข้า แต่สำหรับในกรณีการนำเข้าจากฟาร์มที่ไม่ได้รับรอง ฯ จากกรมปศุสัตว์ สุกรที่นำเข้าจะต้องผ่านการตรวจทางห้องปฏิบัติการร่วมกับการกักเพื่อยืนยันสถานะภาพการปลอดโรคของสุกรก่อนที่จะนำเข้าฟาร์ม นอกจากนี้แล้วยังต้องมีการขออนุญาตเคลื่อนย้ายจากกรมปศุสัตว์ในกรณีที่มีการเคลื่อนย้ายสุกรข้ามเขต โดยเส้นทางที่ระบุในใบเคลื่อนย้ายจะอ้างอิงตามความสะดวกของผู้ประกอบการร่วมกับการรายงานการเกิดโรคระบาดในสัตว์ของกรมปศุสัตว์ทั้งนี้เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงการเคลื่อนย้ายผ่านบริเวณที่มีโรคระบาด สำหรับกรณีการนำเข้าสุกรจากต่างประเทศจำเป็นต้องมีการตรวจหาการติดเชื้อโรคปากและเท้าเปื่อยร่วมกับการกักโดยกรมปศุสัตว์ก่อนที่นำเข้ามาเลี้ยงในบริเวณฟาร์ม

การจัดการสุกรก่อนเข้าฟาร์ม (ก่อนนำเข้าโรงเรือนเลี้ยงรวมกับสุกรในฟาร์ม) พบว่าใช้วิธีการกักโรคก่อนเข้าฟาร์ม (ดังภาพที่ 7) โดยระยะเวลาที่ใช้ในการกักมีความแตกต่างกันตั้งแต่ 0 วัน (ฟาร์มสุกรขุนแบบเข้าและออกหมดทีเดียวไม่มีการกักสุกร) กักนาน 14 วันจนกระทั่งถึงนาน 2-3 เดือน (กลุ่มฟาร์มครบวงจร) และมีการสังเกตอาการทุกตัวเนื่องจากหากพบว่าสุกรมีอาการผิดปกติใด ๆ ก็ตามทางฟาร์มสามารถขอเปลี่ยนสุกรตัวใหม่ทดแทนได้ ในกรณีที่ไม่นพบความผิดปกติใด ๆ ฟาร์มจะทำการเคลื่อนย้ายสุกรที่นำเข้าสู่โรงเรือนเลี้ยงต่อไป



ภาพที่ 7 การนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าฟาร์มผ่านการนำเข้าสุกรมีชีวิต โดยฟาร์มปลายทางมีการกักสุกรก่อนนำเข้าฟาร์ม

การประเมินความเสี่ยงจากคนมีแนวแนวคิดในการคำนวณดังภาพที่ 8 และอาศัยข้อมูลในการคำนวณจากตารางที่ 12



ภาพที่ 8 การประเมินความเสี่ยงการนำเข้าไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าฟาร์มผ่านสุกร

ตารางที่ 12 ข้อมูลในการประเมินความเสี่ยงจากสุกร

ตัวแปร	รูปแบบการกระจายตัว	พารามิเตอร์	ข้อมูล	การอ้างอิง
ความไวต่อชุดทดสอบ NSP	Uniform	ค่าต่ำสุด	0.900	Brocchi <i>et al.</i> (2006)
		ค่าสูงสุด	0.996	
ความถูกต้องของการตรวจรับรอง	Logistic	α	92.636	ความเห็น
ฟาร์มปลอดโรคในทางปฏิบัติ		β	5.361	ผู้เชี่ยวชาญ
จำนวนตัวที่ทดสอบในการทดสอบเพื่อรับรองสถานะฟาร์มปลอดโรค	Point data	-	90	ข้อมูลจากการสำรวจ
จำนวนตัวที่เป็นบวกจริงของการทดสอบเพื่อรับรองสถานะฟาร์มปลอดโรค	Point data	-	0	ข้อมูลจากการสำรวจ
สัดส่วนการกัก	Point data	-	19/73	ข้อมูลจากการสำรวจ
สัดส่วนการแพร่เชื้อของสุกรที่ไม่แสดงอาการจากการฉีดวัคซีน	Point data	-	0.400	Orsel <i>et al.</i> (2009)
จำนวนครั้งที่มีการนำสุกรเข้าฟาร์มในหนึ่งปี	Lognorm	μ	8.557	ข้อมูลจากการสำรวจ
		σ	19.124	
		Shift	-0.076	

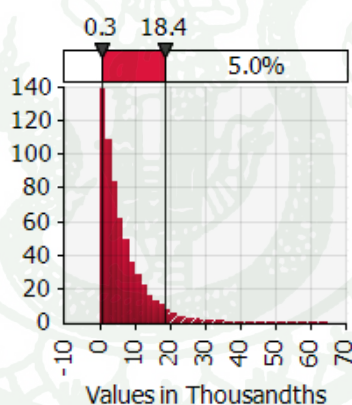
ข้อกำหนด

- การนำเข้าสุกรครั้งละ 1 ตัวและครั้งละมากกว่า 1 ตัวมีความเสี่ยงของการนำเข้าเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าฟาร์มเท่ากันโดยเท่ากับความชุกของโรคที่ฟาร์มต้นทาง
- การเดินทางเคลื่อนย้ายสุกรจากฟาร์มต้นทางไปยังฟาร์มปลายทางไม่มีการสัมผัสรับเชื้อระหว่างการเดินทาง
- สุกรที่ส่งออกจากฟาร์มต้นทางอาจมีสุกรที่ได้รับวัคซีนเพียงครั้งเดียว ซึ่งสุกรเหล่านี้สามารถแพร่เชื้อได้

- การนำเข้าสุกรจากประเทศที่ปลอดโรคปากและเท้าเปื่อยมีความเสี่ยงเท่ากับการนำเข้าสุกรจากฟาร์มที่ได้รอบเป็นฟาร์มปลอดโรคปากและเท้าเปื่อยจากกรมปศุสัตว์
- สุกรที่กักน้อยกว่า 14 วันคือสุกรที่ไม่ผ่านการกักโรคและสุกรที่กัก 14 วันหรือมากกว่า 14 วันคือสุกรที่ผ่านการกักโรค

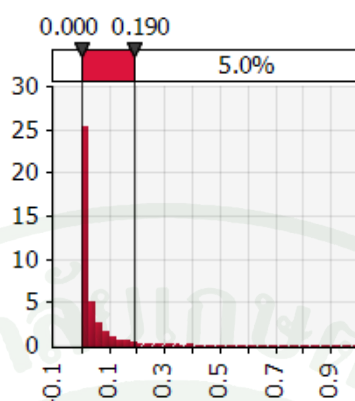
ผลการประเมินความเสี่ยงจากสุกร

จากข้อมูลการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรแต่ละฟาร์มเมื่อนำมาทำการประมวลผลข้อมูลตามหลักการแนวคิดตามภาพที่ 8 และข้อมูลจากตารางที่ 12 พบว่าโอกาสที่สุกรมีชีวิตจะนำเข้าเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยในหนึ่งวันมีค่าอยู่ในช่วง 4.074×10^{-7} ถึง 6.556×10^{-2} โดยมีค่ามัธยฐานเท่ากับ 4.318×10^{-3} และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.218×10^{-3} ดังแสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 โอกาสของการนำเข้าเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าฟาร์มจากการนำเข้าสุกรหนึ่งครั้ง

โอกาสที่สุกรจะนำเข้าเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยอย่างน้อยหนึ่งครั้งในระยะเวลาหนึ่งปีมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 0.997 โดยมีค่ามัธยฐานเท่ากับ 1.273×10^{-2} และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.341×10^{-2} ดังแสดงในภาพที่ 10

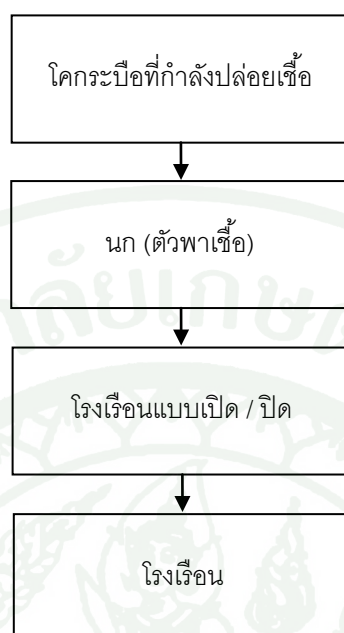


ภาพที่ 10 โอกาสของการนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าฟาร์มอย่างน้อยหนึ่งครั้งในหนึ่งปีจากการนำเข้าสุกร

นก

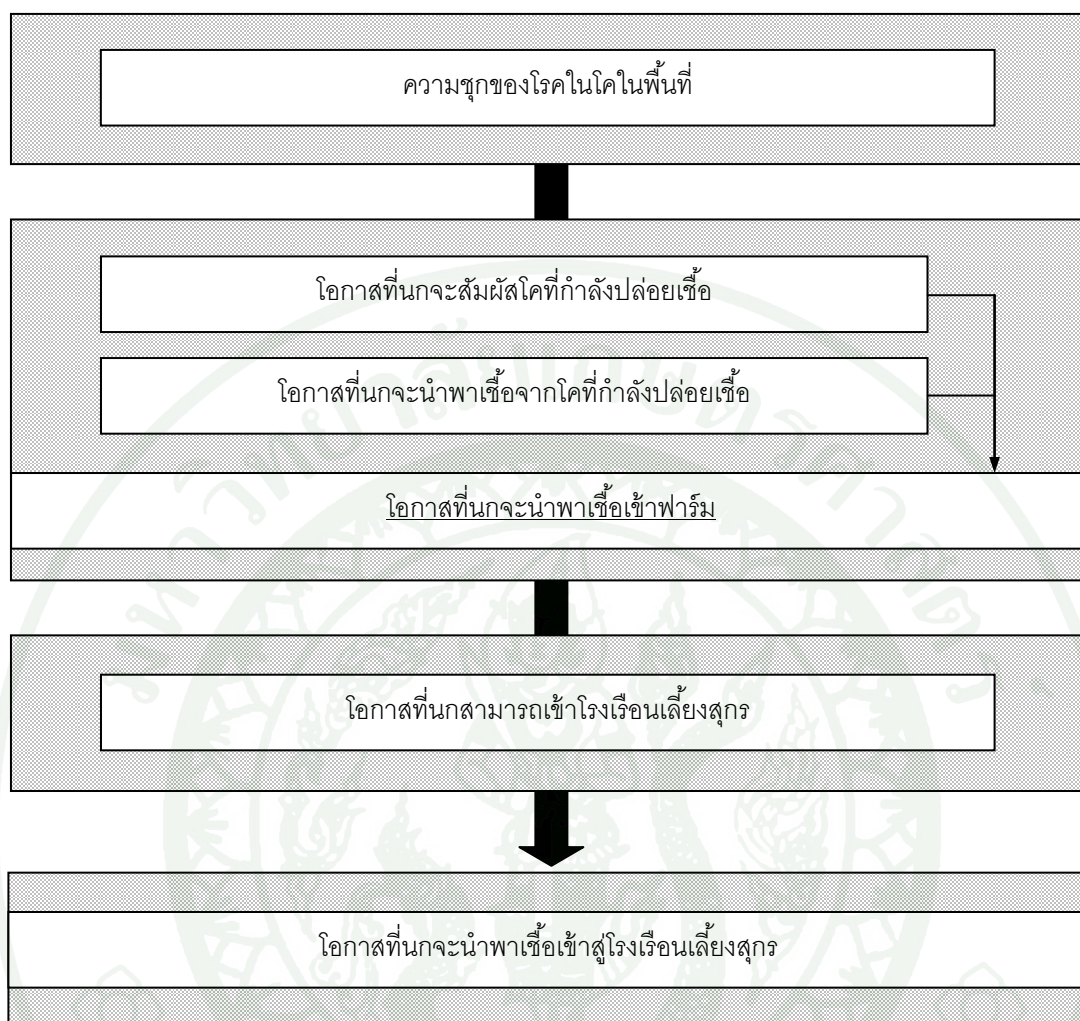
จากการศึกษาพบว่าสัตว์พาหะที่เป็นปัญหาของฟาร์มสุกรที่ทำการศึกษาคือ หนูและนก หนูถูกพิจารณาว่าเป็นสัตว์พาหะที่มีความเสี่ยงในการนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าฟาร์มสุกรระดับต่ำมาก เนื่องจากหนูมีรัศมีออกหากินสั้นเพียง 300 ฟุตเท่านั้น จากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรพบว่าถ้าหากมีหนูภายในฟาร์มหนูก็จะอาศัยในฟาร์มไม่มีการออกนอกฟาร์ม ถ้าหากจะมีหนูเข้าฟาร์มก็จะเป็นหนูที่เข้าออกระหว่างฟาร์มกับไร่ของเกษตรกรข้างเคียงซึ่งสัมพันธ์กับช่วงฤดูการเก็บเกี่ยวผลผลิตเท่านั้น ไม่มีการไปสัมผัสกับสัตว์กับผู้อื่น ๆ นอกฟาร์ม โอกาสที่จะเข้ามาในเขตโรงเรือนก็น้อยมากเนื่องจากพื้นที่รอบโรงเรือนเป็นพื้นที่โล่ง และผนังของโรงเรือนปิดมิดชิด และถ้าหากจะมีความเสี่ยงก็จะมีความเสี่ยงอยู่ในระดับต่ำมากเช่นเดียวกับหนู สำหรับแมลงพาหะขนาดเล็กก็มีความเสี่ยงในระดับต่ำมากและสามารถคิดรวมไปกับการประเมินความเสี่ยงการนำเข้าโรงเรือนผ่านลม (อากาศ) ดังนั้นการประเมินความเสี่ยงการนำเข้าเชื้อผ่านสัตว์พาหะจึงกระทำเฉพาะนก

ลักษณะโรงเรือนของฟาร์มสุกรที่ทำการศึกษาคือสามารถจำแนกได้ 2 ลักษณะ คือ โรงเรือนแบบเปิดและโรงเรือนแบบปิด โรงเรือนแบบปิดยังสามารถจำแนกได้ 2 ลักษณะย่อยคือ โรงเรือนแบบปิดที่ใช้ระบบ EVAP และโรงเรือนแบบปิดในลักษณะของอุโมงค์ลมธรรมดา การนำเข้าเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าฟาร์มผ่านนกเป็นไปตามแผนภาพที่ 11



ภาพที่ 11 การนำเชื้อไวรัสเข้าฟาร์มผ่านนก

การประเมินความเสี่ยงจากนกมีแนวโน้มคิดในการคำนวณดังภาพที่ 12 และอาศัยข้อมูลในการคำนวณจากตารางที่ 13



ภาพที่ 12 การประเมินความเสี่ยงการนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าฟาร์มผ่านนก

ตารางที่ 13 ข้อมูลในการประเมินความเสี่ยงจากนก

ตัวแปร	รูปแบบการกระจายตัว	พารามิเตอร์	ข้อมูล	การอ้างอิง
ความชุกของโรคปากและ เท้าเปื่อยในโคในพื้นที่	BetaGeneral	α_1	2.529	สสอ.2, 2553
		α_2	48.097	
		ค่าต่ำสุด	0	
		ค่าสูงสุด	100	
โอกาสที่นกจะสัมผัสโคที่ กำลังปล่อยเชื้อ	Uniform	ค่าต่ำสุด	0.010	ความเห็น
		ค่าสูงสุด	0.050	ผู้เชี่ยวชาญ
โอกาสที่นกจะนำพาเชื้อ จากโคที่กำลังปล่อยเชื้อ	Uniform	ค่าต่ำสุด	0.100	ความเห็น
		ค่าสูงสุด	0.200	ผู้เชี่ยวชาญ
โอกาสที่นกสามารถเข้า โรงเรือนเลี้ยงสุกร	Beta	s	16	ข้อมูลจากการ
		n	95	สำรวจ
จำนวนครั้งที่พบนกใน หนึ่งปี	Uniform	ค่าต่ำสุด	365/3	ข้อมูลจากการ
		ค่าสูงสุด	365+27.375	สำรวจร่วมกับ
				ข้อกำหนด ของโมเดล

ข้อกำหนดของแบบจำลองความเสี่ยงจากนก

- นกที่พบในฟาร์มสุกรได้แก่ นกกระเจี๊ยบ นกกระจอก นกพิราบ นกเขา นกเอี้ยง ซึ่งนกกระเจี๊ยบ กระจอก นกพิราบและนกเขารับเชื้อทางอ้อมเชื้อจากสิ่งแวดล้อม เช่น วัสดุทำรัง ส่วนนกเอี้ยงได้รับเชื้อโดยตรงจากตัวโคเนื่องจากนกเอี้ยงมีพฤติกรรมเกาะตามตัวโคกระบือ อย่างไรก็ตาม กำหนดให้นกทุกชนิดมีความเสี่ยงเท่ากันและการเข้าของนกทั้งหมดใน 1 วันคิดเป็นการเข้าของนกจำนวน 1 ครั้ง

- จำนวนวันที่มีนกเขาฟาร์มน้อยที่สุดคือพบทุก 3 วันและมากที่สุดคือ 365 วัน โดยมี 3 ฟาร์มจาก 40 ฟาร์มตอบว่าพบนก 2 ชนิด จำนวนครั้งที่นกเขาฟาร์มในหนึ่งปีจึงเท่ากับ $365 + [(365 \times 3) / 40]$

- แหล่งของเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยที่นกกานำพาเข้าฟาร์มคือจากโคกระบือ เนื่องจากเชื่อว่าโคและกระบือมีความชุกของโรคสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสัตว์ชนิดอื่น และโอกาสที่นกกานำเชื้อจากฟาร์มที่มีสุกรป่วยต่ำเนื่องจากในช่วงที่มีการระบาดของเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยในฟาร์มอยู่นั้นฟาร์มมักจะมีการพ่นน้ำยาฆ่าเชื้ออย่างมาก โอกาสที่นกกานำเชื้อเข้าไปในโรงเรือนที่กำลังติดเชื้อมีก็น้อยและปริมาณเชื้อในโรงเรือนที่เกิดการระบาดก็น้อยลงด้วย

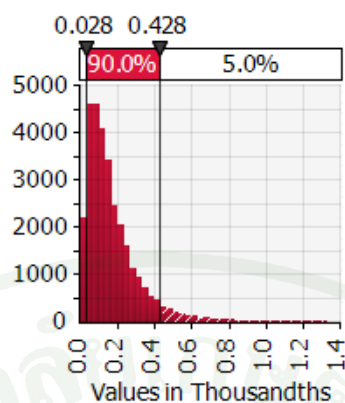
- โอกาสที่นกกานำเชื้อเข้าฟาร์มจะสัมผัสโคที่กำลังปล่อยเชื้อโดยตรงหรือสัมผัสสิ่งแวดล้อมที่มีเชื้อเท่ากับร้อยละ 1-5

- โอกาสที่นกกานำพาเชื้อจากการสัมผัสโคที่กำลังปล่อยเชื้อหรือสิ่งแวดล้อมที่มีเชื้อแล้วนำเข้าฟาร์มเท่ากับร้อยละ 10-20

- โรงเรือนระบบปิดมีประสิทธิภาพในการกั้นนกกเข้าโรงเรือนร้อยละ 100

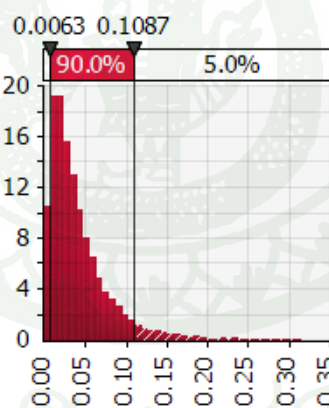
ผลการประเมินความเสี่ยงจากนก

จากข้อมูลการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรแต่ละฟาร์มเมื่อนำมาทำการประมวลผลข้อมูลตามหลักการแนวคิดตามภาพที่ 12 และข้อมูลจากตารางที่ 13 พบว่าโอกาสที่นกกานำพาเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยในหนึ่งวันมีค่าอยู่ในช่วง 1.679×10^{-6} ถึง 1.331×10^{-3} โดยมีค่ามัธยฐานเท่ากับ 1.309×10^{-4} และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.665×10^{-4} ดังแสดงในภาพที่ 13



ภาพที่ 13 โอกาสของการนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยผ่านนกเข้าฟาร์มหนึ่งครั้ง

โอกาสที่นกจะนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยอย่างน้อยหนึ่งครั้งในระยะเวลาหนึ่งปี มีค่าอยู่ในช่วง 4.220×10^{-4} ถึง 0.318 โดยมีค่ามัธยฐานเท่ากับ 3.136×10^{-2} และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.121×10^{-2} ดังแสดงในภาพที่ 14



ภาพที่ 14 โอกาสของการนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าฟาร์มอย่างน้อยหนึ่งครั้งในหนึ่งปีผ่านนก

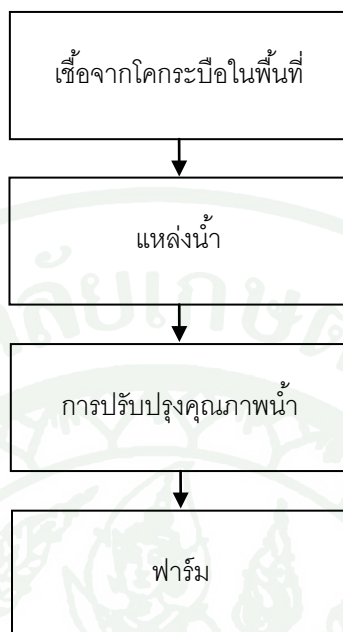
น้ำ

จากการศึกษาพบว่าประเภทของแหล่งน้ำที่ถูกนำมาใช้ในฟาร์ม ได้แก่ น้ำบ่อ น้ำบาดาล น้ำคลอง น้ำลำห้วย น้ำบ่อปลูก(บ่อเจาะ) และน้ำประปา โดยฟาร์มส่วนใหญ่ใช้น้ำบ่อคิดเป็นร้อยละ 61 รองลงมาคือน้ำบาดาลร้อยละ 26 น้ำบาดาลและน้ำบ่อร้อยละ 6 น้ำคลองหรือน้ำลำห้วยร้อยละ 3 น้ำบ่อปลูกร้อยละ 1 น้ำประปาร้อยละ 1 น้ำประปาและน้ำบ่อร้อยละ 1

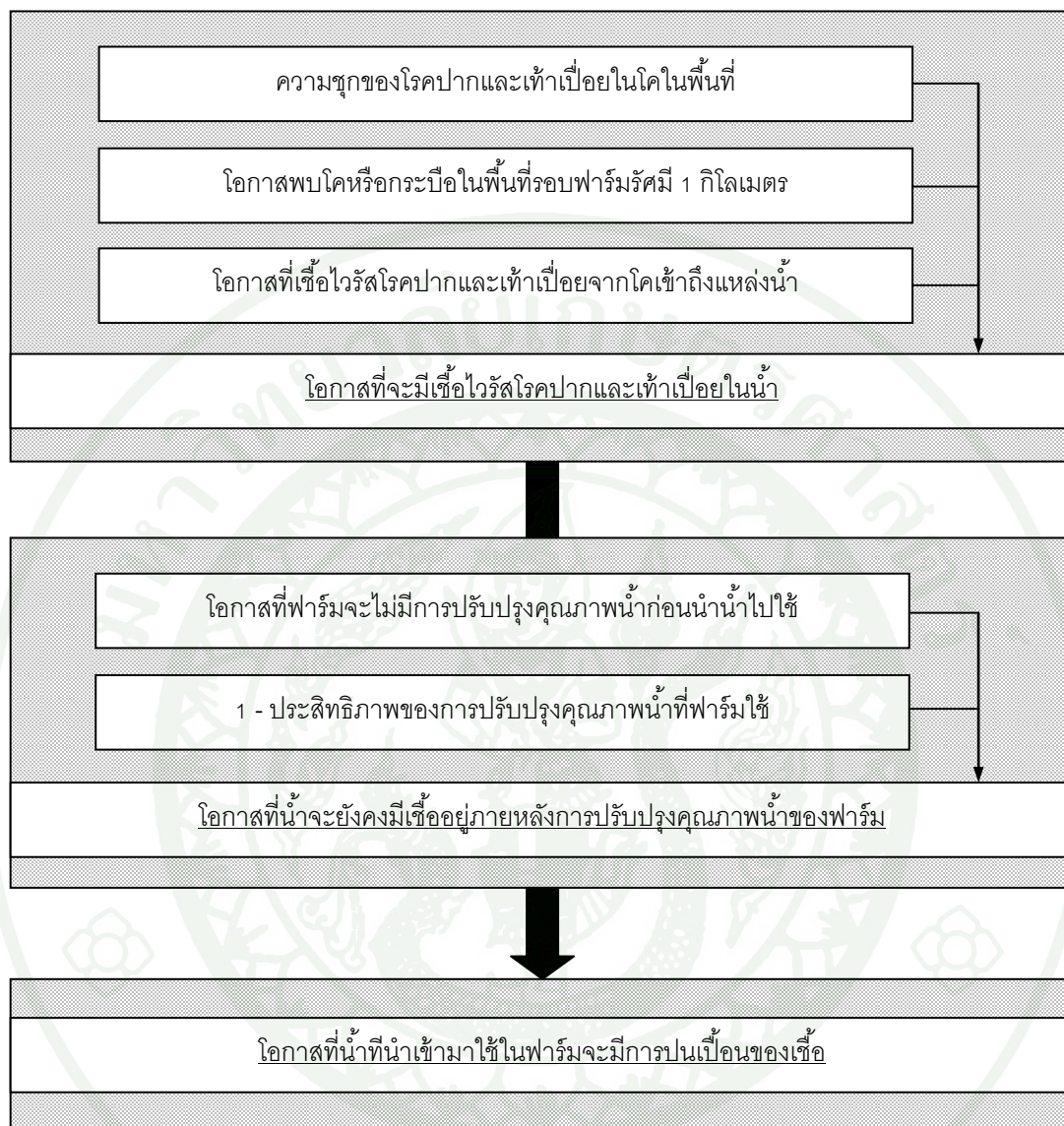
วิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ฟาร์มเลือกใช้คือวิธีการเติมคลอรีน ซึ่งรูปแบบวิธีการเติมคลอรีนที่ฟาร์มนำมาใช้สามารถจำแนกได้ 2 รูปแบบ แบบแรกคือวิธีหยดคลอรีนแบบน้ำอัตโนมัติ และแบบที่สองคือวิธีเติมคลอรีนแบบเม็ดหรือแบบผง โดยผู้ตอบการสัมภาษณ์ได้ให้คะแนนร้อยละของการปรับปรุงคุณภาพน้ำได้ถูกต้องไว้ที่ร้อยละ 30-100

จำนวนวันที่มีการใช้น้ำในช่วงระยะเวลาหนึ่งปีอยู่ในช่วง 305-365 วัน โดยสามารถจำแนกได้ 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่มีการใช้น้ำตลอดปีหรือ 365 วันและกลุ่มที่มีการใช้น้ำ 10 เดือนในหนึ่งปีหรือ 305 วันโดยกลุ่มหลังนี้จะเป็นลักษณะที่พบในฟาร์มสุกรขุนแบบ all-in-all-out ซึ่งไม่มีการใช้น้ำในช่วงการพักโรงเรือน ผู้ตอบการสัมภาษณ์ส่วนใหญ่ไม่สามารถให้ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำของฟาร์มได้

การประเมินความเสี่ยงจากน้ำมีแนวโน้มแนวคิดในการคำนวณดังภาพที่ 12 และอาศัยข้อมูลในการคำนวณจากตารางที่ 13



ภาพที่ 15 การนำเชื้อไวรัสเข้าฟาร์มผ่านน้ำ



ภาพที่ 16 การประเมินความเสี่ยงการนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าฟาร์มผ่านน้ำ

ตารางที่ 14 ข้อมูลในการประเมินความเสี่ยงจากน้ำ

ตัวแปร	รูปแบบการกระจายตัว	พารามิเตอร์	ข้อมูล	การอ้างอิง
ความชุกของโรคปากและเท้าเปื่อยในโคในพื้นที่	BetaGeneral	$\alpha 1$	2.529	สสอ.2, 2553
		$\alpha 2$	48.097	
		ค่าต่ำสุด	0	
		ค่าสูงสุด	100	
โอกาสพบโคหรือกระบือในพื้นที่รอบฟาร์มรัศมี 1 กิโลเมตร	Beta	s	11	ข้อมูลจาก
		n	81	การสำรวจ
โอกาสที่เชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยจากโคเข้าถึงแหล่งน้ำ	Uniform	ค่าต่ำสุด	0	ความเห็น
		ค่าสูงสุด	0.10	ผู้เชี่ยวชาญ
โอกาสที่ฟาร์มจะมีการปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนนำไปใช้	Beta	$\alpha 1$	97+1	ข้อมูลจาก
		$\alpha 2$	99-97+1	การสำรวจ
ประสิทธิภาพของการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ฟาร์มใช้	BetaGeneral	$\alpha 1$	0.618	Shirai <i>et al.</i> , 2000
		$\alpha 2$	0.137	
		ค่าต่ำสุด	0	
		ค่าสูงสุด	100	
จำนวนวันที่ใช้น้ำในหนึ่งปี	Uniform	ค่าต่ำสุด	305	ข้อมูลจาก
		ค่าสูงสุด	365	การสำรวจ

ข้อกำหนดของแบบจำลองความเสี่ยงจากน้ำ

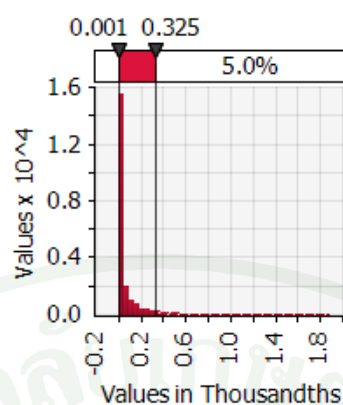
- โอกาสที่น้ำที่ฟาร์มนำมาใช้จะมีเชื้อคำนวณได้จากความชุกของโรคปากและเท้าเปื่อยในโคในพื้นที่คุณโอกาสพบโคหรือกระบือในพื้นที่รอบฟาร์มรัศมี 1 กิโลเมตร (มีหรือไม่มีโค) และโอกาสที่เชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยจากโคจะเข้าถึงแหล่งน้ำเป็นตัวแทนความชุกของเชื้อในแหล่งน้ำ เนื่องจากไม่สามารถหาข้อมูลความชุกของเชื้อหรือปริมาณเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยที่ปนเปื้อนในน้ำที่ฟาร์มนำมาใช้ได้

- โอกาสที่น้ำที่ฟาร์มนำเข้ามาใช้จะปนเปื้อนเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยมีค่าคงที่ตลอดปี

- ระบบการทำน้ำประปาและการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนแบบผงหรือแบบเม็ดซึ่งใส่ในบ่อพักน้ำมี contact time นานพอที่ฆ่าเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยได้ร้อยละ 80-100 (Shirai *et al.*, 2000)
- คลอรีนแบบหยด contact time มากกว่า 10 นาที มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยได้ร้อยละ 55-66 (Shirai *et al.*, 2000)
- การใส่คลอรีนแล้วใช้ทันทีมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อร้อยละ 42 (Shirai *et al.*, 2000)
- การใช้น้ำในหนึ่งวันคิดเป็นหนึ่งครั้งของการนำน้ำเข้ามาใช้ในฟาร์ม
- ไม่รวมถึงกรณีน้ำท่วม

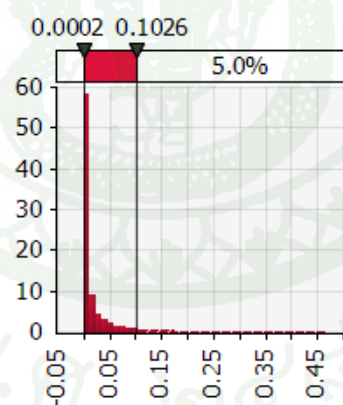
ผลการประเมินความเสี่ยงจากน้ำ

จากข้อมูลการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรแต่ละฟาร์มเมื่อนำมาทำการประมวลผลข้อมูลตามหลักการแนวคิดตามภาพที่ 16 และข้อมูลจากตารางที่ 14 พบว่าโอกาสที่น้ำจะนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยในหนึ่งวันมีค่าอยู่ในช่วง 4.423×10^{-9} ถึง 1.883×10^{-3} โดยมีค่ามัธยฐานเท่ากับ 1.434×10^{-5} และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.596×10^{-5} ดังแสดงในภาพที่ 17



ภาพที่ 17 โอกาสของการนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยผ่านน้ำเข้าฟาร์มหนึ่งครั้ง

โอกาสที่น้ำจะนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยอย่างน้อยหนึ่งครั้งในระยะเวลาหนึ่งปี มีค่าอยู่ในช่วง 1.375×10^{-6} ถึง 0.470 โดยมีค่ามัธยฐานเท่ากับ 4.821×10^{-3} และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.079×10^{-2} ดังแสดงในภาพที่ 18

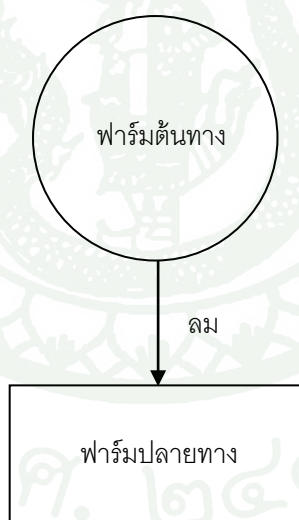


ภาพที่ 18 โอกาสของการนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าฟาร์มอย่างน้อยหนึ่งครั้งในหนึ่งปี ผ่านน้ำ

อากาศ

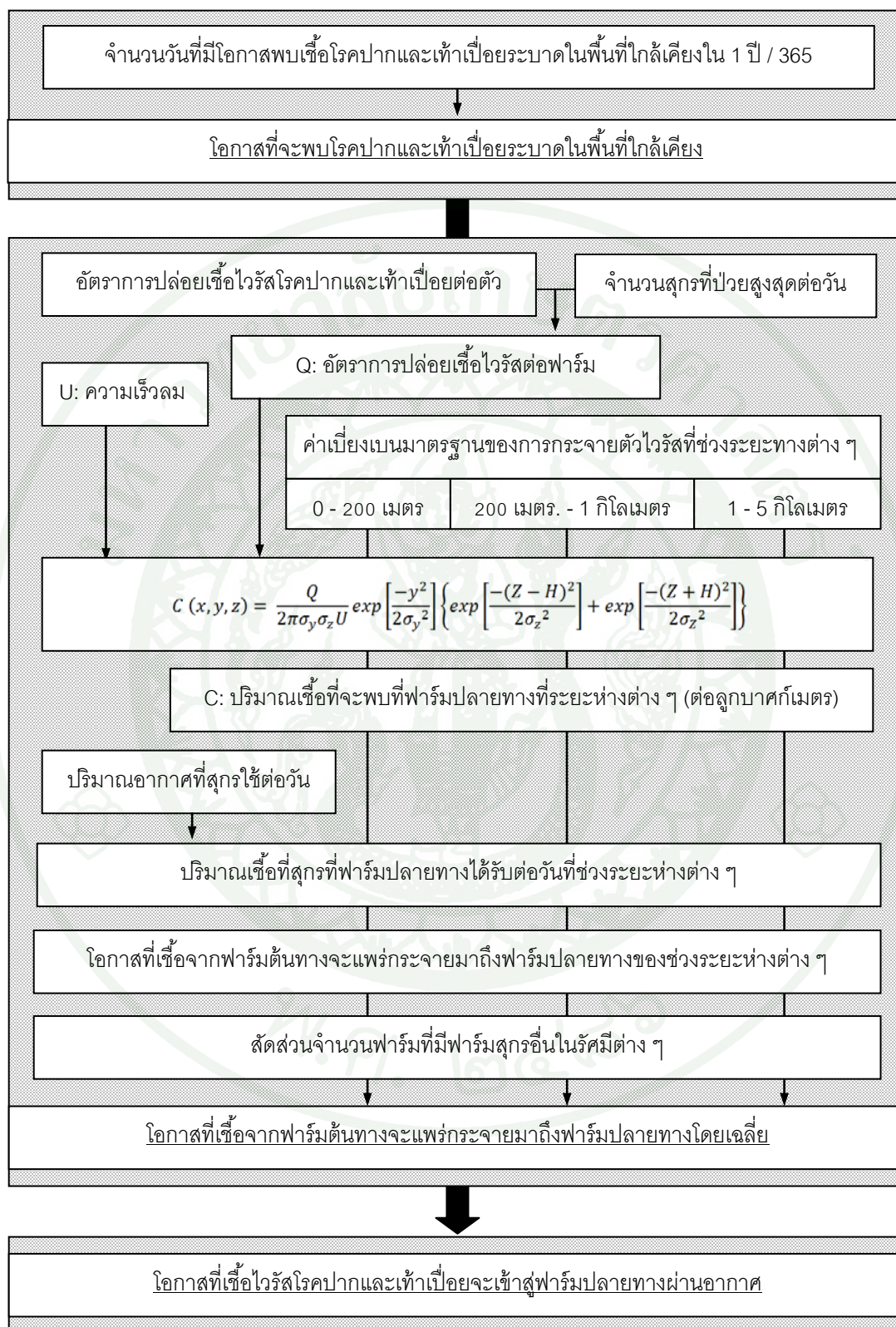
จากการศึกษาเอกสารทางวิชาการพบว่าสุกรที่ติดเชื้อสามารถปล่อยเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยได้มากกว่าโคและแกะถึง 1.5-2 เท่า (Donaldson and Alexandersen, 2002) และยังเป็นสัตว์ที่ถูกนำมาเลี้ยงรวมกลุ่มกันขนาดใหญ่กว่าโคและแกะ ดังนั้นการประเมินความเสี่ยงผ่านอากาศในครั้งนี้จึงเลือกสุกรเป็นแหล่งกำเนิดเชื้อในแบบจำลอง

จากการศึกษาพบว่าฟาร์มที่ทำการศึกษามีฟาร์มสุกรอื่นอยู่ในระยะรัศมีรอบฟาร์ม 0-200 เมตร จำนวน 5 ฟาร์ม รัศมี 200-1,000 เมตร จำนวน 5 ฟาร์ม และรัศมี 1-5 กิโลเมตร จำนวน 37 ฟาร์มจากทั้งหมด 74 ฟาร์ม แนวคิดของแบบจำลองการนำเชื้อเข้าฟาร์มผ่านอากาศคือ ฟาร์มต้นทาง (แหล่งกำเนิดเชื้อ) ปล่อยเชื้อออกมาสู่บรรยากาศ จากนั้นลมจะพาเชื้อเคลื่อนเข้าไปยังฟาร์มสุกรปลายทาง ดังแบบจำลองภาพที่ 19



ภาพที่ 19 การนำเชื้อไวรัสเข้าฟาร์มผ่านอากาศ

การประเมินความเสี่ยงจากอากาศมีแนวคิดในการคำนวณดังภาพที่ 20 และอาศัยข้อมูลในการคำนวณจากตารางที่ 15



ภาพที่ 20 การประเมินความเสี่ยงการนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าฟาร์มผ่านอากาศ

ตารางที่ 15 ข้อมูลในการประเมินความเสี่ยงจากอากาศ

ตัวแปร	รูปแบบการกระจายตัว	พารามิเตอร์	ข้อมูล	การอ้างอิง
จำนวนวันที่มีโอกาสพบเชื้อโรคปากและเท้าเปื่อยระบาดในพื้นที่ใกล้เคียงใน 1 ปี	Uniform	ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด	0 5/3	ความเห็น ผู้เชี่ยวชาญ
อัตราการปล่อยเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยต่อตัวต่อวัน (TCID ₅₀)	Uniform	ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด	10 ^{4.4} 10 ^{6.4}	Gloster <i>et al.</i> 2008
จำนวนสุกรที่ป่วยต่อวันต่อฟาร์ม (ตัว)	Uniform	ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด	0 100	ความเห็น ผู้เชี่ยวชาญ
ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	Pert	ค่าต่ำสุด ค่าฐานนิยม ค่าสูงสุด	0.514 2.572 30.867	กรม อุตุนิยมวิทยา
สัดส่วนจำนวนฟาร์มที่มีฟาร์มสุกรอื่นในรัศมี 200 เมตร	Point data	-	5/74	ข้อมูลจาก การสำรวจ
สัดส่วนจำนวนฟาร์มที่มีฟาร์มสุกรอื่นในรัศมี 1 กิโลเมตร	Point data	-	5/74	ข้อมูลจาก การสำรวจ
สัดส่วนจำนวนฟาร์มที่มีฟาร์มสุกรอื่นในรัศมี 5 กิโลเมตร	Point data	-	37/74	ข้อมูลจาก การสำรวจ
สัดส่วนจำนวนฟาร์มที่ไม่มีฟาร์มสุกรอื่นในพื้นที่ใกล้เคียง	Point data	-	27/74	ข้อมูลจาก การสำรวจ
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการกระจายตัวแนวราบ (ระยะห่าง 0-200 เมตร)	Uniform	ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด	4.500 50	ค่าประมาณ จากกราฟ (Hanna <i>et al.</i> , 1982)
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการกระจายตัวแนวตั้ง (ระยะห่าง 0-200 เมตร)	Uniform	ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด	1.500 100	ค่าประมาณ จากกราฟ (Hanna <i>et al.</i> , 1982)

ตารางที่ 15 (ต่อ)

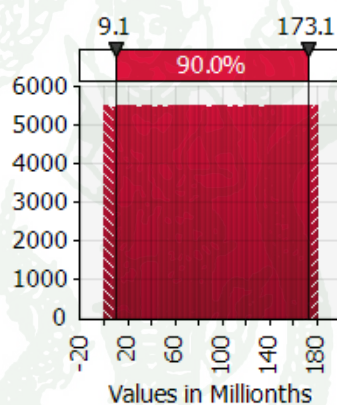
ตัวแปร	รูปแบบการกระจายตัว	พารามิเตอร์	ข้อมูล	การอ้างอิง
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการกระจายตัวแนวราบ (ระยะห่าง 200-1000 เมตร)	Uniform	ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด	8 250	ค่าประมาณ จากกราฟ (Hanna <i>et al.</i> , 1982)
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการกระจายตัวแนวตั้ง (ระยะห่าง 200-1000 เมตร)	Uniform	ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด	4.500 3000	ค่าประมาณ จากกราฟ (Hanna <i>et al.</i> , 1982)
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการกระจายตัวแนวราบ (ระยะห่าง 1000-5000 เมตร)	Uniform	ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด	40 1000	ค่าประมาณ จากกราฟ (Hanna <i>et al.</i> , 1982)
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการกระจายตัวแนวตั้ง (ระยะห่าง 1000-5000 เมตร)	Uniform	ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด	35 10000	ค่าประมาณ จากกราฟ (Hanna <i>et al.</i> , 1982)
ปริมาณอากาศที่สูกรใช้หายใจต่อตัวต่อวัน (ลบ.ม.)	Point data	-	50	Donaldson <i>et al.</i> , 2001
โอกาสที่เชื้อจากฟาร์มต้นทางจะแพร่กระจายมาถึงฟาร์มปลายทาง (0-200 เมตร)	Point data	-	0.578	การประมวลผล
โอกาสที่เชื้อจากฟาร์มต้นทางจะแพร่กระจายมาถึงฟาร์มปลายทาง (500-1000 เมตร)	Point data	-	0.011	การประมวลผล
โอกาสที่เชื้อจากฟาร์มต้นทางจะแพร่กระจายมาถึงฟาร์มปลายทาง (1000-5000 เมตร)	Point data	-	0.0002	การประมวลผล
จำนวนครั้งที่อากาศเข้าฟาร์มใน 1 ปี	Point data	-	365	ข้อกำหนดของโมเดล

ข้อกำหนดของแบบจำลองความเสี่ยงจากอากาศ

- ในกรณีที่มีฟาร์มสุกรอื่นในรัศมีที่ทำการศึกษามากกว่าหนึ่งฟาร์มให้ถือว่าฟาร์มสุกรอื่นที่อยู่ในรัศมีรอบฟาร์มที่ใกล้ที่สุดเป็นตัวแทนของฟาร์มสุกรที่อยู่ในรัศมีที่ทำการศึกษา
- ฟาร์มสุกรที่อยู่รอบฟาร์มสุกรที่ทำการศึกษาไม่ว่าอยู่ในทิศทางของฟาร์มที่ทำการศึกษากำหนดให้อยู่ในทิศทางต้นลมของฟาร์มที่ทำการศึกษาตลอดเวลา
- จำนวนสุกรป่วยสูงสุดต่อฟาร์มคือ 100 ตัว
- โอกาสที่เชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าฟาร์มผ่านอากาศมีค่าคงที่ตลอดทั้งปีโดยมีค่าเท่ากับจำนวนวันที่มีโอกาสพบโรคปากและเท้าเปื่อยในหนึ่งปีหารด้วย 365
- อัตราการปล่อยเชื้อจากฟาร์มต้นทาง ทิศทางลมและความเร็วลมมีค่าคงที่ตลอดเวลา
- การแพร่กระจายเชื้อของฟาร์มเป็นไปตามสมการของ Gaussian
- ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการกระจายตัวไวรัสที่สภาพอากาศและระยะห่างของฟาร์มปลายทางจากฟาร์มต้นทางอ้างอิงผลงานการศึกษาของ Pasquill
- ปริมาณอากาศที่สุกรหายใจต่อวันคือ 50 ลูกบาศก์เมตร
- โอกาสที่เชื้อจากฟาร์มต้นทางจะแพร่กระจายเชื้อผ่านอากาศมาถึงฟาร์มปลายทางคิดจากผลรวมของความน่าจะเป็นที่ฟาร์มปลายทางจะได้รับเชื้อผ่านอากาศในหนึ่งวันมากกว่า 1 TCID₅₀
- อากาศที่เข้าฟาร์มในช่วงระยะเวลา 24 ชั่วโมงเป็นการเข้าของอากาศหนึ่งครั้งและในหนึ่งปีมีอากาศเข้าฟาร์มทั้งหมด 365 ครั้ง

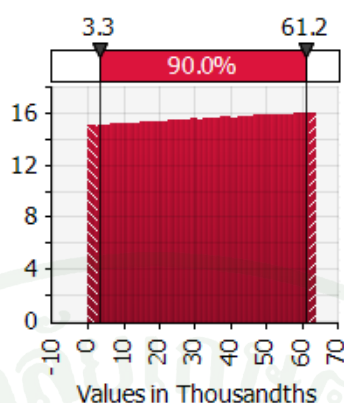
ผลการประเมินความเสี่ยงจากอากาศ

จากข้อมูลการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรแต่ละฟาร์มร่วมกับข้อมูลความเร็วลม อัตราการปล่อยเชื้อออกต่อวันของสุกรและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการกระจายตัวของไวรัส เมื่อนำมาทำการประมวลผลข้อมูลตามหลักการแนวคิดตามแผนภาพที่ 20 และข้อมูลจากตารางที่ 15 พบว่าโอกาสที่อากาศจะนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยในหนึ่งวันมีค่าอยู่ในช่วง 1.260×10^{-8} ถึง 1.822×10^{-4} โดยมีค่ามัธยฐานเท่ากับ 9.110×10^{-5} และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.111×10^{-5} ดังแสดงในภาพที่ 21



ภาพที่ 21 โอกาสของการนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยผ่านอากาศเข้าฟาร์มหนึ่งครั้ง

โอกาสที่อากาศจะนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยอย่างน้อยหนึ่งครั้งในระยะเวลาหนึ่งปีมีค่าอยู่ในช่วง 4.598×10^{-6} ถึง 6.435×10^{-2} โดยมีค่ามัธยฐานเท่ากับ 3.271×10^{-2} และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.253×10^{-2} ดังแสดงในภาพที่ 22



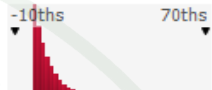
ภาพที่ 22 โอกาสของการนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าฟาร์มอย่างน้อยหนึ่งครั้งในหนึ่งปีผ่านอากาศ

จากการประเมินความเสี่ยงการนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าฟาร์มจะพบว่าคน สุนัข น้ำ และอากาศเป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญในการนำเชื้อเข้าฟาร์มสุนัข ซึ่งสามารถนำมาผลมาเปรียบเทียบระดับความเสี่ยงระหว่างแต่ละปัจจัยเสี่ยงได้ตามตารางที่ 16 และตารางที่ 17

ตารางที่ 16 การเปรียบเทียบระดับความเสี่ยงของการนำเข้าแต่ละปัจจัยเสี่ยงแต่ละครั้ง

ปัจจัยเสี่ยง	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	มัธยฐาน	การกระจายค่าความเสี่ยง
คน	2.721×10^{-6}	1.377×10^{-2}	5.246×10^{-4}	
สุนัข	4.074×10^{-7}	6.556×10^{-2}	4.318×10^{-3}	
นก	1.679×10^{-6}	1.331×10^{-3}	1.309×10^{-4}	
น้ำ	4.423×10^{-9}	1.883×10^{-3}	1.434×10^{-5}	
อากาศ	1.260×10^{-8}	1.822×10^{-4}	9.110×10^{-5}	

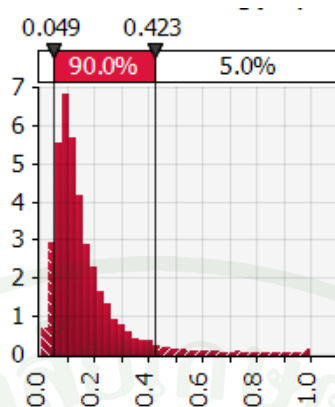
ตารางที่ 17 การเปรียบเทียบความเสี่ยงของการนำเชื้อไวรัสเข้าฟาร์มอย่างน้อยหนึ่งครั้งในหนึ่งปี
ของแต่ละปัจจัยเสี่ยง

ปัจจัยเสี่ยง	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	มัธยฐาน	การกระจายค่าความเสี่ยง
คน	2.238×10^{-5}	1	6.804×10^{-3}	
สุกร	0	0.997	1.273×10^{-2}	
นก	4.220×10^{-4}	0.318	3.136×10^{-2}	
น้ำ	1.375×10^{-6}	0.470	4.821×10^{-3}	
อากาศ	4.598×10^{-6}	6.435×10^{-2}	3.271×10^{-2}	

สูตรของความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์นั้นขึ้นอย่างน้อยหนึ่งครั้ง (P) จากการกระทำทั้งหมด n ครั้งสามารถคำนวณได้จากสูตร $P(x \geq 1) = 1 - (1-p)^n$ โดยที่ p คือ ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์หนึ่งขึ้นในการกระทำแต่ละครั้งและ n คือจำนวนครั้งที่กระทำทั้งหมด โอกาสที่เชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าฟาร์มอย่างน้อยหนึ่งครั้งในหนึ่งปีสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$P_{\text{ฟาร์ม}} = 1 - [(1-P_{\text{คน}}) \times (1-P_{\text{สุกร}}) \times (1-P_{\text{นก}}) \times (1-P_{\text{น้ำ}}) \times (1-P_{\text{อากาศ}})]$$

ซึ่งพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 9.347×10^{-3} ถึง 1 โดยมีค่ามัธยฐานเท่ากับ 1.263×10^{-1} และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.675×10^{-1} ดังแสดงในภาพที่



ภาพที่ 23 โอกาสของการนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าฟาร์มอย่างน้อยหนึ่งครั้งในหนึ่งปี
ผ่านปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ

วิจารณ์

การประเมินความเสี่ยงนี้จัดทำขึ้นโดยการเขียนแบบจำลองซึ่งแบบจำลองที่สร้างขึ้นใช้ข้อมูลหรือปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความเสี่ยงมากและชัดเจนเพียงจำนวนหนึ่งเท่านั้นในการคำนวณ ซึ่งในสภาพความเป็นจริงยังมีปัจจัยอื่น ๆ อีกมากมายที่ส่งผลกระทบต่อความเสี่ยงโดยที่ไม่ได้ถูกนำมาพิจารณารวมในแบบจำลอง ผลการประเมินความเสี่ยงที่ได้จึงอาจคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงได้

การประเมินความเสี่ยงต้องอาศัยข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการ งานวิจัยต่าง ๆ และการเก็บข้อมูลในพื้นที่เอง อย่างไรก็ตามยังมีข้อมูลเหล่านี้ยังมีข้อจำกัดอยู่ อาทิเช่น การขาดข้อมูลงานวิจัย หลักฐานหรือเอกสารทางวิชาการที่ต้องการใช้ในการประเมินความเสี่ยงทำให้ต้องสร้างแบบจำลองที่สามารถหาข้อมูลได้ขึ้นมาแทน หรือต้องอาศัยความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ ข้อมูลทางวิชาการอื่น ๆ ที่ใกล้เคียงหรือพอเทียบเคียงได้มาทดแทน หรือกำหนดเป็นข้อกำหนดของแบบจำลองขึ้นมา นอกจากนี้ความคลาดเคลื่อนของผลการประเมินความเสี่ยงส่วนหนึ่งยังสามารถเกิดขึ้นได้หากข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ยังไม่ตรงกับความเป็นจริง ดังนั้นจึงส่งผลให้ข้อมูลผลการประเมินความเสี่ยงที่ได้จึงอาจคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงได้เช่นกัน

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการสุ่มฟาร์มตัวแทนเก็บข้อมูลทั้งสิ้น 102 ฟาร์ม คิดเป็นร้อยละ 76.12 ของจำนวนฟาร์มเป้าหมายทั้งหมด (134 ฟาร์ม) ฟาร์มสุกรที่ได้รับการรับรองเป็นฟาร์มปลอดโรคปากและเท้าเปื่อยจากกรมปศุสัตว์ส่วนใหญ่ให้ความร่วมมือในการศึกษาและตอบคำถาม มีฟาร์มจำนวน 1 ฟาร์มที่ไม่สะดวกในการตอบคำถามแม้ว่าผู้วิจัยได้พยายามติดต่อขอข้อมูลเข้าไป 3-4 ครั้งแล้วก็ตาม อย่างไรก็ตามมีจำนวนฟาร์มที่ยินยอมให้ความร่วมมือในการสัมภาษณ์ที่มากกว่าสามในสี่ส่วนและมีฟาร์มที่ไม่สะดวกในการตอบคำถามเพียงส่วนน้อย ผู้วิจัยจึงเชื่อว่าข้อมูลจำนวนดังกล่าวเพียงพอที่จะเป็นตัวแทนแสดงแนวโน้มให้แก่แบบจำลองได้ ดังนั้นเพื่อเป็นการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายผู้วิจัยจึงทำการเก็บข้อมูลเพียง 102 ฟาร์ม

คำถามหลักของการประเมินความเสี่ยงในครั้งนี้ คือ ความเสี่ยงของการนำเชื้อเข้าฟาร์มอย่างน้อยหนึ่งครั้งในช่วงระยะเวลาหนึ่งปีเป็นเท่าใด สาเหตุที่ตั้งคำถามหลักเป็นหน่วยอย่างน้อยหนึ่งครั้งในระยะเวลาหนึ่งปีแทนที่จะเป็นหน่วยในแต่ละครั้งเนื่องจากคำถามในลักษณะนี้สะท้อนถึงโอกาสที่จะมีเชื้อเข้าฟาร์มในช่วงระยะเวลาหนึ่งปีซึ่งการประเมินความเสี่ยงในลักษณะนี้ได้

คำนึงถึงความเสี่ยงของการนำเข้าปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ ในช่วงระยะเวลาหนึ่งปีไปแล้ว การนำเข้าปัจจัยเสี่ยงที่มีความถี่นำเข้าน้อยเมื่อเทียบกับการนำเข้าปัจจัยเสี่ยงที่มีความเสี่ยงในระดับเดียวกันแต่มีความถี่ของการนำเข้าสูงกว่าพบว่า การนำเข้าปัจจัยเสี่ยงที่บ่อยกว่ามีโอกาสนำเข้าเชื้อเข้าฟาร์มได้มากกว่า

ประสิทธิภาพการลดเชื้อคนเข้าฟาร์มด้วยวิธีการต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ในข้อกำหนดของแบบจำลองผู้วิจัยได้ทำการประมาณโดยการคำนวณโดยอ้างอิงพื้นที่ผิวของร่างกายซึ่งได้กล่าวถึงไว้การศึกษาของ Livingston และ Lee ในปี 2000

การประเมินความเสี่ยงการนำเข้าสุกร ข้อมูลจำนวนร้อยละของฟาร์มที่มีการกักตัว (ประมาณร้อยละ 26) ทั้งนี้เนื่องมาจากฟาร์มที่เป็นการเลี้ยงระบบ all in all out system จะไม่มีการกักแยกก่อนนำเข้ามาเลี้ยงในโรงเรือน และอีกกรณีหนึ่งพบในฟาร์มที่มีการนำเข้าสุกรจากฟาร์มในเครือบริษัทเดียวกันจะไม่มีการกักก่อนนำเข้ามาเลี้ยงในฟาร์ม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากฟาร์มอาจมองว่าเป็นเพียงการเคลื่อนย้ายจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งซึ่งฟาร์มมองว่าเป็นฟาร์มเดียวกันแต่มีเลี้ยงแยกพื้นที่และมีการตั้งชื่อฟาร์มแยกขึ้นมาใหม่เท่านั้น ดังนั้นข้อมูลร้อยละของจำนวนฟาร์มที่มีการกักที่นำมาประกอบการประเมินความเสี่ยงในแบบจำลองจึงต่ำ

การประเมินความเสี่ยงปัจจัยเสี่ยงน้ำไม่ได้คำนึงถึงฟักตัวของฟาร์มปลาที่รับมูลจากฟาร์มสุกรมาเลี้ยงปลาซึ่งเป็นแหล่งที่สามารถแพร่กระจายเชื้อลงสู่แหล่งน้ำได้เช่นกันในกรณีที่ซื้อมูลสุกรจากฟาร์มที่มีสุกรที่ติดเชื้อมีโรคปากและเท้าเปื่อยมาเลี้ยงปลา เนื่องจากการเลี้ยงปลามักมีของเสียจากปลาเกิดขึ้นและมักมีสภาพเป็นกรดซึ่งพบว่าส่งผลกระทบต่ออัตราการรอดของเชื้อในน้ำและอัตราการซึมผ่านของน้ำในบ่อกับน้ำใต้ดินไม่สูงมากอีกด้วย นอกจากนี้การปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนใช้ด้วยคลอรีนพบว่ามีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยได้มาก (Shirai *et al.*, 2000) อย่างไรก็ตามจากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรพบว่าฟาร์มมีการปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนใช้แต่ให้ความสำคัญกับความถูกต้องของการปรับปรุงคุณภาพน้ำในทางปฏิบัติยังน้อยอยู่

จากการสัมภาษณ์พบว่าฟาร์มส่วนใหญ่ไม่สามารถให้ข้อมูลปริมาณน้ำที่ใช้ต่อวันต่อฟาร์มได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากขาดระบบการจัดการเก็บข้อมูลในด้านนี้ของฟาร์ม หน่วยของจำนวน

ครั้งที่นำน้ำเข้ามาใช้ฟาร์มจึงกำหนดให้เป็นจำนวนวันที่มีการนำน้ำเข้ามาใช้ในฟาร์มโดยที่ปริมาณน้ำที่นำเข้ามาใช้ในแต่ละวันจึงไม่ได้ถูกนำมาคำนวณในแบบจำลองซึ่งทำให้แบบจำลองไม่สมบูรณ์ สะท้อนความเป็นจริงได้น้อย อย่างไรก็ตามสามารถคำนวณปริมาณน้ำที่ใช้ต่อวันต่อฟาร์มของฟาร์มสุกรได้จากสูตรการคำนวณที่ระบุไว้ในคู่มือการประเมินปริมาณน้ำเสียและปริมาณมลพิษจากการเลี้ยงสุกรซึ่งเขียนโดยสำนักการจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

การประเมินความเสี่ยงอากาศพิจารณาถึงโอกาสที่จะมีเชื้อเข้าฟาร์มโดยคำนวณจากโอกาสที่จะมีเชื้อเข้าฟาร์มตั้งแต่ 1 TCID₅₀ เป็นต้นไปอย่างไรก็ตามสุกรเป็นสัตว์ที่ทนต่อการติดเชื้อทางอากาศมากกว่าสัตว์ปีกชนิดอื่น ๆ (Alexandersen *et al.*, 2003a) ดังนั้นการประเมินความเสี่ยงการมีเชื้อเข้าฟาร์มผ่านอากาศไม่ได้หมายถึงโอกาสที่สุกรจะติดเชื้อผ่านปัจจัยเสี่ยงอากาศ

การประเมินความเสี่ยงจากคน นก และน้ำอาศัยข้อมูลความชุกของโรคปากและเท้าเปื่อยของโคในพื้นที่เป็นตัวแทนของความชุกของโรคในพื้นที่เนื่องจากความชุกในสัตว์ชนิดนี้สูงกว่าสัตว์ชนิดอื่นในพื้นที่

จากการศึกษาพบว่าปัจจัยเสี่ยงสำคัญที่สามารถนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าฟาร์มได้แก่ คน สุกร นก น้ำ และอากาศ เมื่อรวมความเสี่ยงจากแต่ละปัจจัยเสี่ยงพบว่าโอกาสที่จะมีเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าฟาร์มอย่างน้อยหนึ่งครั้งในหนึ่งปีมีค่าอยู่ในช่วง 9.347×10^{-3} (ประมาณ 9 ใน 1,000) ถึง 1 หมายถึงฟาร์มมีโอกาสนำเข้าเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยอย่างน้อยหนึ่งครั้งผ่านการนำเข้าปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ ได้ทุก 1 ถึง 106 ปี และมีค่ามัธยฐานเท่ากับ 1.263×10^{-1} (ประมาณ 1 ใน 10) ซึ่งหมายถึงฟาร์มมีโอกาสนำเข้าเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยอย่างน้อยหนึ่งครั้งผ่านปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ ได้ทุก 8 ปี

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการประเมินความเสี่ยงพบว่าคน สุก ร นก น้ำ และอากาศเป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญของการนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าสู่ฟาร์มสุกรที่ทำการศึกษา การวิเคราะห์ความเสี่ยงปัจจัยเสี่ยงคนพบว่าโอกาสที่ผู้ซื้อสุกรมีการปนเปื้อนเชื้อก่อนเข้าฟาร์มเป็นตัวแปรสำคัญซึ่งส่งผลกระทบเพิ่มความเสี่ยงของการนำเชื้อเข้าฟาร์มผ่านปัจจัยเสี่ยงคนมากที่สุด รองลงมาคือโอกาสที่คนเลี้ยงสุกรสัมผัสรับเชื้อจากผู้ซื้อสุกร โอกาสสัตว์แพทย์และเจ้าหน้าที่ของรัฐปนเปื้อนเชื้อก่อนเข้าฟาร์ม และโอกาสที่คนขายผลิตภัณฑ์นำเชื้อเข้าสู่บริเวณสำนักงานตามลำดับ

ความเสี่ยงของการนำเชื้อเข้าฟาร์มผ่านคนขึ้นอยู่กับโอกาสของคนที่จะเข้าฟาร์มจะมีเชื้อก่อนเข้าฟาร์ม การลดเชื้อก่อนเข้าฟาร์มหรือโรงเรือน และโอกาสของการถ่ายทอดเชื้อไปยังคนเลี้ยงสุกร โอกาสของคนที่จะเข้าฟาร์มจะมีเชื้อก่อนเข้าฟาร์มสามารถลดได้โดยหลีกเลี่ยงการเข้าไปยังสถานที่ที่มีความเสี่ยงที่จะมีเชื้อ เช่น ฟาร์มสัตว์ปีกคู่ ตลาดค้าสัตว์ปีกคู่ และโรงฆ่าสัตว์ปีกคู่ เป็นต้น ในกรณีที่ไม่ได้จำเป็นต้องพักโรคก่อนเข้าฟาร์มอย่างน้อย 2 วันและมีการจัดการลดปริมาณเชื้อก่อนเข้าฟาร์ม เช่น การอาบน้ำสระผม เปลี่ยนเสื้อผ้าและรองเท้าว เป็นต้น สำหรับกรณีผู้ซื้อสุกรที่มักจะเข้าออกหลายฟาร์มในช่วงระยะเวลา 2 วันหรือเข้าออกเพียงฟาร์มเดียวแต่มีการเข้าออกโรงเชือดที่รับสุกรจากหลายแหล่ง และมีการพักโรคก่อนเข้าฟาร์มไม่ครบตามกำหนดนั้น ฟาร์มควรจะมีพื้นที่สำหรับขายโดยเฉพาะไม่ให้คนกลุ่มนี้เข้ามาในฟาร์ม และต้องลดความเสี่ยงหรือโอกาสที่คนเลี้ยงสุกรของฟาร์มจะสัมผัสได้รับเชื้อจากคนกลุ่มนี้ให้มากที่สุดด้วย

สำหรับฟาร์มสุกรขุนแบบเข้าและออกหมดที่เดียวควรเพิ่มความระมัดระวังที่เชื้อจะเข้าฟาร์มในช่วงการจับสุกรเนื่องจากพบว่าฟาร์มเหล่านี้ใช้เวลาในการจับจนกระทั่งหมดในแต่ละรุ่น การเลี้ยงนานหลายวัน ไม่มีพื้นที่แยกสำหรับการจับขายโดยเฉพาะ (เล้าขาย) และยังมีความระมัดระวังเชื้อเข้าฟาร์มในช่วงการจับน้อยกว่าฟาร์มประเภทอื่น ๆ สุกรในฟาร์มที่รอการจับในวันถัดไปจึงมีความเสี่ยงที่จะได้รับเชื้อและเกิดการติดเชื้อขึ้นได้

การวิเคราะห์ความเสี่ยงปัจจัยเสี่ยงสุกรพบว่าความซุกซนของโรคปากและเท้าเปื่อยของฟาร์มต้นทางเป็นเพียงตัวแปรหรือปัจจัยเดียวที่มีผลเพิ่มความเสี่ยงของการนำเชื้อเข้าฟาร์ม ดังนั้นฟาร์มจึงควรนำเข้าสุกรจากฟาร์มที่ปลอดโรคปากและเท้าเปื่อยเพื่อลดความเสี่ยงที่จะมีเชื้อไวรัสโรคปาก

และทำเปื่อยเข้าฟาร์ม นอกจากนี้ควรมีการกักสุกรที่นำเข้าฟาร์มเพื่อสังเกตอาการป่วยของสุกร ก่อนนำเข้ามาเลี้ยงรวมกับสุกรในฟาร์มด้วยทุกครั้ง

การแพร่เชื้อของสุกรที่ติดเชื้อสัมพันธ์กับอาการป่วยทางคลินิก กล่าวคือสุกรที่ปล่อยเชื้อ ในปริมาณมากจะแสดงอาการมากและชัดเจน สุกรที่ติดเชื้อแบบไม่แสดงอาการจะไม่มีอาการปล่อย เชื้อออกสู่ภายนอก ดังนั้นการจัดการโดยการกักสุกรเพื่อสังเกตอาการป่วยจึงเป็นวิธีการลดความ เสี่ยงที่เชื้อจะเข้าสู่ฟาร์ม แต่อย่างไรก็ตามสุกรที่ผ่านการทำวัคซีนอาจแพร่เชื้อแต่ไม่แสดงอาการได้ การลดความเสี่ยงที่เชื้อจะเข้าสู่ฟาร์มจึงต้องใช้หลายวิธีทั้งการคัดเลือกฟาร์มต้นทางที่มีความเสี่ยง ต่ำ การกักสังเกตอาการป่วยของสุกรที่นำเข้ามาใหม่ และการตรวจทางห้องปฏิบัติการในช่วงการ กักรวมด้วย

การวิเคราะห์ความเสี่ยงปัจจัยเสี่ยงนกอพบว่าคุณภาพของโรคปากและเท้าเปื่อยของโคใน พื้นที่เป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลกระทบเพิ่มความเสี่ยงการนำเข้าฟาร์มมากที่สุด รองลงมาคือ โอกาสที่นกสัมผัสโคที่กำลังปล่อยเชื้อ และโอกาสที่นกจะนำเชื้อจากการสัมผัสโคที่กำลังปล่อยเชื้อ ตามลำดับ ตัวแปรที่สามารถลดความเสี่ยงของการนำเข้าฟาร์มผ่านปัจจัยเสี่ยงนี้ได้คือ สัดส่วนหรือจำนวนฟาร์มที่เลี้ยงสุกรในโรงเรือนแบบปิด (ระบบ EVAP หรือแบบอุโมงค์ลม) ซึ่ง สามารถป้องกันการเข้าของนกที่อาจนำเชื้อเข้าโรงเรือนได้

การวิเคราะห์ความเสี่ยงปัจจัยเสี่ยงน้ำพบว่าความชุกของโรคของโคในพื้นที่เป็นตัวแปร สำคัญที่ส่งผลกระทบเพิ่มความเสี่ยงการนำเข้าฟาร์มผ่านปัจจัยเสี่ยงน้ำมากที่สุด รองลงมาคือ โอกาสที่เชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยจากโคจะเข้าถึงแหล่งน้ำ และโอกาสที่จะพบโคในพื้นที่รอบ ฟาร์มรัศมี 1 กิโลเมตรตามลำดับ โดยประสิทธิภาพของการฆ่าเชื้อในน้ำ และโอกาสที่ฟาร์มมีการ ปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนใช้เป็นตัวแปรที่ส่งผลกระทบลดความเสี่ยงของการนำเข้าฟาร์มผ่าน ปัจจัยเสี่ยงน้ำ ดังนั้นฟาร์มจึงควรมีการปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนใช้ทุกครั้ง

คลอรีนพบว่ามีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อย อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของคลอรีนในการฆ่าเชื้อขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของคลอรีนอิสระ ระยะเวลาที่ใช้ใน การฆ่าเชื้อ ค่าความเป็นกรดและด่างของน้ำ และอุณหภูมิของน้ำ ดังนั้นในกระบวนการปรับปรุง คุณภาพน้ำของฟาร์มจึงควรคำนึงถึงปัจจัยเหล่านี้ด้วย

การวิเคราะห์ความเสี่ยงปัจจัยเสี่ยงอากาศพบว่าจำนวนที่พบโรคปากและเท้าเปื่อยระบาดในพื้นที่หรือโอกาสของการพบโรคปากและเท้าเปื่อยระบาดในพื้นที่ จำนวนสุกรที่ป่วยต่อวันต่อฟาร์ม และอัตราการปล่อยเชื้อต่อวันของสุกรเป็นตัวแปรที่ส่งผลกระทบเพิ่มความเสี่ยงการนำเข้าฟาร์มผ่านปัจจัยเสี่ยงอากาศ โดยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการกระจายตัวไวรัสตามแนวตั้งและแนวราบ อัตราความเร็วลมเป็นปัจจัยที่ช่วยลดความเสี่ยงของการนำเข้าเชื้อเข้าฟาร์ม

ความชุกโรคปากและเท้าเปื่อยของสัตว์ปีกในพื้นที่รอบฟาร์ม เช่น โค กระบือ แพะ แกะ และสุกร โดยเฉพาะโคที่มีปริมาณการเลี้ยงอยู่มากและการเลี้ยงสุกรของฟาร์มที่ไม่ได้มาตรฐานซึ่งเป็นแหล่งสำคัญที่ปล่อยเชื้อออกสู่สิ่งแวดล้อม โดยมีปัจจัยเสี่ยงนก ปัจจัยเสี่ยงน้ำ และปัจจัยเสี่ยงอากาศนำพาเชื้อเข้าฟาร์ม ฟาร์มจึงควรอยู่ตั้งอยู่ในพื้นที่ปลอดโรคปากและเท้าเปื่อยหรืออยู่ห่างจากพื้นที่ที่มีการเลี้ยงสัตว์ปีกจึงจะสามารถลดความเสี่ยงการนำเข้าฟาร์มผ่านทั้ง 3 ปัจจัยเสี่ยงนี้ได้โดยเฉพาะปัจจัยเสี่ยงอากาศซึ่งสามารถควบคุมได้ยาก

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2553. **คู่มือการประเมินปริมาณน้ำเสียและปริมาณมลพิษจากการเลี้ยงสุกร**. แหล่งที่มา: <http://wqm.pcd.go.th/water/images/stories/agriculture/manual/assesspol.pdf>, 17 พฤษภาคม 2555.

วิไล ลินจงสุบงกช, ร่มพฤษ อุดล และ จรรยา สมานิตย์. 2551. วิวัฒนาการทางแอนติเจนของสายพันธุ์เชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยในประเทศไทย. **สัตวแพทยสาร**. ปีที่ 59 เล่มที่ 1 หน้า 80 - 89.

สำนักงานสุขศาสตร์สัตว์และสุขอนามัยที่ 2. 2553. **เอกสารประกอบการสัมมนาการสร้างเขต 2 (ภาคตะวันออก) ให้ปลอดจากโรคปากและเท้าเปื่อยเพื่อการส่งออก**. 7 กันยายน 2553.

อรอนงค์ มุลธง และ จูติกร ปรียาพร. 2552. การวางระบบกำจัดหมูในฟาร์ม. **วารสารสุกร**. 11 (49): 43-45.

Aftosa, F. 2007. **Foot and Mouth Disease**. Available Source: http://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/pdfs/foot_and_mouth_disease.pdf, October 22, 2011.

Alexandersen, S., I. Brotherhood and A.I. Donaldson. 2002. Natural aerosol transmission of foot-and-mouth disease virus to pigs: minimal infectious dose for strain O1 Lausanne. **Epidemiol. Infect.** 128: 301-312.

Alexandersen, S. and A.I. Donaldson. 2002. Further studies to quantify the dose of natural aerosols of foot-and-mouth disease virus for pigs. **Epidemiol. Infect.** 128: 313-323.

- Alexandersen, S., M. Quan, C. Murphy, J. Knight and Z. Zhang. 2003b. Studies of quantitative parameters of virus excretion and transmission in pigs and cattle experimentally infected with foot-and-mouth disease virus. **J. Comp. Pathol.** 129: 268-82.
- Alexandersen, S., Z. Zhang and A.I. Donaldson. 2002. Aspects of the persistence of foot-and-mouth disease virus in animals—the carrier problem. **Microbes. Infect.** 4: 1099-1110.
- Alexandersen, S., Z. Zhang, A.I. Donaldson and A.L.M. Garland. 2003a. Review: The pathogenesis and diagnosis of foot-and-mouth Disease. **J. Comp. Pathol.** 129: 1-36.
- Bøtner, A. and G.J. Belsham. 2012. Virussurvival in slurry: Analysis of the stability of foot-and-mouth disease, classical swine fever, bovine viral diarrhoea and swine influenza viruses. **Vet. Microbiol.** 157: 41-49.
- Brocchi, E., I.E. Bergmann, A. Dekker, D.J. Paton, D.J. Sammin, M. Greiner, S. Grazioli, F. De Simone, H. Yadin, B. Haas, N. Bulut, V. Malirat, E. Neitzert, N. Goris, S. Parida, K. Sorensen and K. De Clercq. 2006. Comparative evaluation of six ELISAs for the detection of antibodies to the non-structural proteins of foot-and-mouth disease virus. **Vaccine.** 24: 6966-79.
- Donaldson, A.I. 1997. Risk of spreading foot and mouth disease through milk and dairy products. **Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.** 16: 117-124.
- _____ and S. Alexandersen. 2002. Predicting the spread of foot and mouth disease by airborne virus. **Rev. Sci. Tech.** 21: 569-75.

- _____, _____, J.H. Sorensen and T. Mikkelsen. 2001. Relative risks of the uncontrollable (airborne) spread of FMD by different species. **Vet. Rec.** 148: 602-604.
- Doughty, W.J., L.J. Gleeson, K. Prasatsuwan and A. Kongthon. 1995. Serological comparison of type Asia 1 foot and mouth disease virus isolates from Thailand. **Rev. Sci. Tech.** 14: 539-46.
- Eble, P.L., A. Bouma, M.G.M de Bruin, F. van Hemert-Kluitenberg, J.T. van Oirschot and A. Dekker. 2004. Vaccination of pigs two weeks before infection significantly reduces transmission of foot-and-mouth disease virus. **Vaccine.** 22: 1372-1378.
- Espinosa, A.C., M.M. Hiriart, R. Espinosa, L.M. Avidal, E. Méndez and C.F. Arias. 2008. Infectivity and genome persistence of rotavirus and astrovirus in groundwater and surface water. **Water Res.** 42: 2618-2628.
- Garabed, R.B., A.M. Perez, W.O. Johnson and M.C. Thurmond. 2009. Use of expert opinion for animal disease decisions: an example of foot-and-mouth disease status designation. **Prev. Vet. Med.** 92: 20-30.
- Geering, W.A. and J. Lubroth. 2002. **Preparation of foot-and-mouth disease contingency plans.** FAO, Rome.
- Gerba, C.P. 1999. Virus Survival and Transport in Groundwater. **J. Ind. Microbiol. Biot.** 22: 535-539.
- Gloster, J. and S. Alexandersen. 2004. New directions: Airborne transmission of foot-and-mouth disease virus. **Atmos. Environ.** 38: 503-505.

- _____, C. Doel, S. Gubbins and D.J. Paton. 2008. Foot-and-mouth disease: Measurement of aerosol emission from pigs as a function of virus strain and initial dose. **Vet. J.** 177: 374-380.
- Hanna, S.R., G.A. Briggs and R.P. Hosker. 1982. **Handbook on atmospheric diffusion.** Technical information center U.S. department of energy. Virginia. United States.
- Haramoto, E., K. Yamada and K. Nishida. 2011. Prevalence of protozoa, viruses, coliphages and indicator bacteria in groundwater and river water in the Kathmandu Valley, Nepal. **T. Roy. Soc. Trop. Med. H.** 105: 711-716.
- Heller, J., G.T. Innocent, M. Denwood, S.W.J. Reid, L. Kelly and D.J. Mellor. 2011. Assessing the probability of acquisition of meticillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) in a dog using a nested stochastic simulation model and logistic regression sensitivity analysis. **Prev. Vet. Med.** 99: 211-224.
- Howey, R., M. Quan, N.J. Savill, L. Matthews, S. Alexandersen and M. Woolhouse. 2009. Effect of the initial dose of foot-and-mouth disease virus on the early viral dynamics within pigs. **J. R. Soc. Interface.** 6: 835-47.
- Jansons, J., L.W. Edmonds, B. Speight and M.R. Bucens. 1989. Survival of viruses in groundwater. **Water Res.** 23: 301-306.
- Kamolsiripichaiporn, S., S. Subharat, R. Udon, P. Thongtha and S. Nuanualsuwan. 2007. Thermal Inactivation of Foot and Mouth Disease Viruses in Suspension. **Amer. Soc. Micro.** 73(22): 7177-7184.

Kaleta E.F. 2002. Foot-and-mouth disease: susceptibility of domestic poultry and free-living birds to infection and to disease--a review of the historical and current literature concerning the role of birds in spread of foot-and-mouth disease viruses. *Dtsch. Tierarztl. Wochenschr.* 109: 391-399.

Kittelberger, R., G.F. Mackereth, M. Sewell, J. Keall, R. Clough, C. Pigott and J.S. O'Keefe. 2008. Specificity of non-structural protein enzyme-linked immunosorbent assays for the detection of serum antibodies against foot-and-mouth disease virus in a target population in New Zealand. *N. Z. Vet. J.* 56(5): 227-32.

Lee, H., M. Kim, J.E. Lee, M. Lim, M. Kim, J. Kim, W. Jheong, J. Kim and G. Ko. 2011. Investigation of norovirus occurrence in groundwater in metropolitan Seoul, Korea. *Sci. Total. Environ.* 409: 2078-2084.

Livingston, E.H., S. Lee. 2000. Percentage of burned body surface area determination in obese and nonobese patients. *J. Surg. Res.* 91:106-110.

Madin, B. 2011. An evaluation of Foot-and-Mouth Disease outbreak reporting in mainland South-East Asia from 2000 to 2010. *Prev. Vet. Med.* 102: 230-241.

Martínez-López B., A.M. Perez, A. De la Torre and J.M. Rodriguez. 2008. Quantitative risk assessment of foot-and-mouth disease introduction into Spain via importation of live animals. *Prev. Vet. Med.* 86: 43-56.

Mayer, D., J. Reiczigel and F. Rubel. 2008. A Lagrangian particle model to predict the airborne spread of foot-and-mouth disease virus. *Atmos. Environ.* 42: 466-479.

Mohamed, F., S. Swafford, H. Petrowski, A. Bracht, B. Schmit, A. Fabian, J. M. Pacheco, E. Hartwig, M. Berninger, C. Carrillo, G. Mayr, K. Moran, D. Kavanaugh, H. Leibrecht, W. White and S. Metwally. 2011. Foot-and-mouth disease in feral swine: susceptibility and transmission. **Transbound. Emerg. Dis.** 58: 358-371.

Moutou, F., B. Dufour and Y. Ivanov. 2001. A qualitative assessment of the risk of introducing foot and mouth disease into Russia and Europe from Georgia, Armenia and Azerbaijan. **Rev. Sci. Tech.** 20: 723-730.

Nuanualsuwan, S., P. Thongtha, S. Kamolsiripichaiporn and S. Subharat. 2008. UV inactivation and model of UV inactivation of foot-and-mouth disease viruses in suspension. **Int. J. Food Microbiol.** 127: 84-90.

OIE. 2004. **Handbook on import risk analysis for animals and animal products.** OIE Publication, Paris

Orsel, K., A. Bouma, A. Dekker, J.A. Stegeman and M.C.M. de Jong. 2009. Foot and mouth disease virus transmission during the incubation period of the disease in piglets, lambs, calves, and dairy cows. **Prev. Vet. Med.** 88: 158–163.

Ouchi, F. 2004. **A literature review on the use of expert opinion in probabilistic risk analysis.** Available Source: <http://go.worldbank.org/XVHOANYOF0>, October 22, 2011.

Parida, S., L. Fleming, Y. Oh, M. Mahapatra, P. Hamblin, J. Gloster, C. Doel, S. Gubbins and D.J. Paton. 2007. Reduction of foot-and-mouth disease (FMD) virus load in nasal excretions, saliva and exhaled air of vaccinated pigs following direct contact challenge. **Vaccine.** 25: 7806-7817.

- Park, S.H. , E.J. Kim, T.H. Yun, J.H. Lee, C.K. Kim, Y.H. Seo, S.A. Oh, S.S. Choi, S.J. Cho, M.S. Kim, G.Y. Han, M.Y. Kim, H.S. Jeong, D.S. Cheon and H.S. Kim. 2010. Human enteric viruses in groundwater. **Food Environ. Virol.** 2: 69-73.
- Paton, D.J., K. de Clercq, M. Greiner, A. Dekker, E. Brocchi, I. Bergmann D.J., Sammin, S. Gubbins and S. Parida. 2006. Application of non-structural protein antibody tests in substantiating freedom from foot-and-mouth disease virus infection after emergency vaccination of cattle. **Vaccine.** 24: 6503-12.
- Pharo, H.J. 2002. Foot-and-mouth disease: an assessment of the risks facing New Zealand. **N. Z. Vet. J.** 50: 46-55.
- Prasad, K.S.H., D.N. Ratha and C.S.P. Ojha. 2010. Identification of virus transport parameters in groundwater: Data errors and bias. **J. Hydro-Environ. Res.** 6: 41-50.
- Quan, M., C.M. Murphy, Z. Zhang and S. Alexandersen. 2004. Determinants of early foot-and- mouth disease virus dynamics in pigs. **J. Comp. Pathol.** 131: 294-307.
- _____, _____, _____, S. Durand, I. Esteves, C. Doel and S. Alexandersen. 2009. Influence of exposure intensity on the efficiency and speed of transmission of Foot-and-mouth disease. **J. Comp. Pathol.** 140: 225-237.
- Ratnayaka, D.D., M.J. Brandt and K. M. Johnson. 2009. **Water Supply:** . 6th Edition, Butterworth-Heinemann. pp. 425-461.
- Schijven, J., G. B. J. Rijs and A. M. De Roda Husman. 2005. Quantitative Risk Assessment of FMD Virus Transmission via Water. **Risk Anal.** 25: 13-22.

Shirai, J. 2012. Disinfection against the outbreaks of foot and mouth disease. **J. Disas. Res.** 7(3): 264-273.

Shirai, J., T. Kanno, Y. Tsuchiya, S. Mitsubayashi and R. Seki. 2000. Effects of chlorine, iodine, and quaternary ammonium compound disinfectants on several exotic disease viruses. **J. Vet. Med. Sci.** 62: 85-92.

Steyer, A., K.G. Torkar, I.G. Aguirre and M.P. Prijatelj. 2011. High prevalence of enteric viruses in untreated individual drinking water sources and surface water in Slovenia. **Int. J. Hyg. Envir. Heal.** 214: 392-398.

Sutmoller, P., S.S. Barteling, R.C. Olascoaga and K.J. Sumption. 2003. Control and eradication of foot-and-mouth disease. **Virus Res.** 91: 101-144.

Sutmoller, P. and A. E. Wrathall. 1997. A quantitative assessment of the risk of transmission of foot-and-mouth disease, bluetongue and vesicular stomatitis by embryo transfer in cattle. **Prev. Vet. Med.** 32: 111-132.

Taylor, G.R. and M. Butler. 1982. A comparison of the virucidal properties of chlorine, chlorine dioxide, bromine chloride and iodine. **J. Hyg. (Lond).** 89: 321-328.

Traulsen, I. and J. Krieter. 2012. Assessing airborne transmission of foot and mouth disease using fuzzy logic. **Expert. Syst. Appl.** 39: 5071-5077.

Venkatram, A. 1996. An examination of the Pasquill-Gifford-Turner dispersion scheme. **Atmos. Environ.** 30: 1283-1290.

Yates, M.V. and Gerba, C.P. 1985. Factors controlling the survival of viruses in groundwater. **Water Sci. Technol.** 17: 681-687.

Yates, M.V., Gerba, C.P. and Kelley, L.M. 1985. Virus persistence in groundwater.
Appl. Environ. Microb. 49: 778-781.





หลักเกณฑ์การรับรองฟาร์มสุกรปลอดโรคปากและเท้าเปื่อย

1 หลักเกณฑ์ด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ

- 1.1 ผ่านการรับรองมาตรฐานฟาร์มของกรมปศุสัตว์
- 1.2 มีคู่มือการป้องกันและควบคุมโรคปากและเท้าเปื่อยของฟาร์ม
- 1.3 มีระบบการตรวจสอบย้อนกลับ (Traceability) ตามระบบ NID ซึ่งจะเริ่มดำเนินการเมื่อกรมปศุสัตว์ได้กำหนดแล้ว
- 1.4 มีโรงเรือนสำหรับกักกันสุกรที่นำเข้ามาเลี้ยงใหม่แยกออกจากโรงเรือนเลี้ยงสุกรชัดเจน โดยมีระยะเวลาการกักไม่น้อยกว่า 14 วัน
- 1.5 มีมาตรการควบคุมการนำอาหาร เช่น เนื้อสุกร และเนื้อสัตว์ปีกจากภายนอกฟาร์มเข้ามาในฟาร์มหรือเขตการเลี้ยงสัตว์
- 1.6 ใช้น้ำยาฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพต่อการทำลายเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อย

2 หลักเกณฑ์การเฝ้าระวังโรค

ฟาร์มมีผลลบต่อการตรวจ NSP จากการสุ่มเก็บตัวอย่างซีรัมในกลุ่มสุกรพ่อแม่พันธุ์ สุกรอนุบาลและสุกรขุน โดยมีการกระจายตัวอย่างแต่ละกลุ่มเท่ากันซึ่งคำนวณจำนวนตัวอย่างเพื่อค้นหาโรคที่ความชุกร้อยละ 5 และความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (ฟาร์มละ 90 ตัวอย่าง)

3 หลักเกณฑ์การรักษาสถานภาพ

- 3.1 สังเกตอาการป่วยของสุกรเป็นประจำทุกวัน หากพบสัตว์มีอาการสงสัยของโรคปากและเท้าเปื่อยให้แจ้งเจ้าหน้าที่ปศุสัตว์ทันที
- 3.2 การนำสุกรเข้าเลี้ยงใหม่ต้องมาจากฟาร์มที่ปลอดโรคในระดับเดียวกันหรือมากกว่า หรือสุกรตัวนั้นต้องทดสอบโรคและให้ผลลบ 2 ครั้งในระยะเวลาห่างกัน 2 สัปดาห์ ระหว่างรอผลการทดสอบโรคทั้ง 2 ครั้งให้กักแยกสัตว์นั้นออกจากสัตว์ร่วมฝูง
- 3.3 ฟาร์มที่ได้รับการรับรองเป็นฟาร์มปลอดโรคปากและเท้าเปื่อยแล้ว ต้องตรวจทดสอบโรคครั้งแรกหลังจากได้รับการรับรอง 6 เดือนหลังจากนั้นให้มีการตรวจทดสอบโรคปีละ 1 ครั้ง เพื่อรักษาสถานภาพฟาร์มปลอดโรค

3.4 การยกเลิกสถานภาพฟาร์มปลอดโรค ดังนี้

- ก. หากตรวจพบผลบวกในฟาร์มปลอดโรคให้ตรวจซ้ำห่างจากครั้งแรก 7 วัน พบว่าเป็นบวก
- ข. หากตรวจพบผลบวกในฟาร์มปลอดโรคและตรวจซ้ำห่างจากครั้งแรก 7 วัน พบว่าเป็นลบ ให้ตรวจซ้ำครั้งที่สามโดยห่างจากครั้งที่สองเป็นเวลา 7 วัน แล้วผลเป็นบวก

3.5 หากฟาร์มไม่ปฏิบัติตามหลักเกณฑ์การรับรองและรักษาสถานภาพฟาร์มปลอดโรค ต้องยกเลิกสถานภาพฟาร์มปลอดโรคและยื่นคำร้องขอรับรองฟาร์มปลอดโรคปากและเท้าเปื่อยใหม่

คำนิยามฟาร์มสุกรประเภทต่าง ๆ

ฟาร์มสุกรอนุบาล

เป็นฟาร์มสุกรที่รับลูกสุกรมาเลี้ยงในช่วงอนุบาลหลังหย่านมมาเลี้ยงประมาณ 45 วัน หลังจากนั้นสุกรเหล่านี้จะถูกนำไปเลี้ยงต่อที่ฟาร์มสุกรขุน

ฟาร์มสุกรขุนแบบเข้าและออกหมดครั้งเดียวทั้งฟาร์ม

เป็นฟาร์มสุกรที่เลี้ยงสุกรในช่วงให้น้ำหนักจนกระทั่งจับขาย โดยที่มีการนำสุกรเข้ามาเลี้ยงพร้อมกัน จนกระทั่งสุกรในฟาร์มทั้งหมดถูกจับขายในครั้งเดียว (อาจใช้เวลาในการจับนานหลายวันต่อเนื่องกันหรือจับขายหมดในวันเดียวกันก็ได้) โดยรับลูกสุกรหรือสุกรจากฟาร์มสุกรอนุบาลมาเลี้ยง มักมีช่วงพักโรงเรือน (ไม่มีการเลี้ยงสุกรในฟาร์ม) นานประมาณ 2 เดือน

ฟาร์มสุกรขุนแบบเข้าและออกหมดหลายรุ่นต่อเนื่องกัน

เป็นฟาร์มสุกรที่เลี้ยงสุกรในช่วงให้น้ำหนักจนกระทั่งจับขาย โดยที่มีการนำสุกรเข้ามาเลี้ยงหลายครั้งและจับสุกรขายเมื่อสุกรเลี้ยงได้ครบอายุหรือน้ำหนักที่ต้องการแล้วหมดทั้งโรงเรือน อาจนำเข้ามาเลี้ยงที่ละโรงเรือนหรือครั้งละหลาย ๆ โรงเรือนพร้อมกันเป็นรุ่นต่อเนื่องกันไป ดังนั้นฟาร์มสุกรเหล่านี้แม้ว่าจะมีช่วงพักโรงเรือนเช่นเดียวกับฟาร์มสุกรขุนแบบเข้าและออกหมดครั้งเดียวทั้งฟาร์ม แต่ฟาร์มสุกรเหล่านี้จะไม่มีช่วงที่พักการเลี้ยงเลยแม้ว่าสุกรในโรงเรือนหนึ่งถูกจับขายหมดแต่ก็ยังมีสุกรในโรงเรือนอื่นอยู่

ฟาร์มสุกรขุนเป็นพ่อแม่พันธุ์

ฟาร์มที่รับลูกสุกรพันธุ์มาเลี้ยงจนกระทั่งได้อายุและส่งสุกรเหล่านี้ไปยังฟาร์มพ่อแม่พันธุ์

ฟาร์มสุกรพ่อแม่พันธุ์

ฟาร์มที่เลี้ยงสุกรพ่อแม่พันธุ์และผลิตลูกสุกรเพื่อส่งไปยังฟาร์มสุกรอนุบาลหรือฟาร์มสุกรขุน

ฟาร์มสุกรขุนพ่อแม่พันธุ์

เป็นฟาร์มที่เลี้ยงสุกรขุนพ่อแม่พันธุ์และผลิตลูกสุกรพันธุ์เพื่อเลี้ยงเป็นสุกรพ่อแม่พันธุ์

ฟาร์มสุกรแบบครบวงจร

เป็นฟาร์มสุกรที่มีการเลี้ยงสุกรพ่อแม่พันธุ์ สามารถผลิตลูกสุกรสำหรับขุนได้เอง

ลักษณะภูมิประเทศของภาคตะวันออก

ภาคตะวันออกตามการแบ่งภูมิภาคทางภูมิศาสตร์ของคณะกรรมการภูมิศาสตร์แห่งชาติ ประกอบด้วย 7 จังหวัด ได้แก่ สระแก้ว ปราจีนบุรี ฉะเชิงเทรา ชลบุรี ระยอง จันทบุรี และตราด หากแบ่งภูมิภาคทางภูมิศาสตร์ตามคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ภาคตะวันออก ประกอบด้วย 9 จังหวัด ได้แก่ สระแก้ว ปราจีนบุรี นครนายก ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ ชลบุรี ระยอง จันทบุรี และตราด

จากข้อมูลกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งลักษณะพื้นที่ภาคตะวันออกประกอบด้วย 3 ส่วนคือ พื้นที่ทิวเขา พื้นที่ราบลุ่มแม่น้ำและที่ราบลอนลาด และพื้นที่ราบชายฝั่งทะเล

พื้นที่ทิวเขาเป็นแนวยาวอยู่ทางตอนกลางของภาคตามแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือถึงตะวันออกเฉียงใต้ ประกอบด้วยทิวเขา 2 แนวคือ ทิวเขาจันทบุรี ทิวเขานี้มีลักษณะสันปันน้ำแบ่งน้ำไหล 2 ทาง ทางเหนือไหลลงแม่น้ำปราจีนบุรี – บางปะกง ส่วนทางใต้เป็นแม่น้ำสายสั้น ไหลลงสู่อ่าวไทย และทิวเขาบรรทัดซึ่งเป็นทิวเขาที่แบ่งเขตแดนทางธรรมชาติระหว่างประเทศไทยและกัมพูชา และเป็นทิวเขาที่ต่ำกว่าทิวเขาจันทบุรี

ที่ราบลุ่มน้ำและที่ราบลอนลาด เป็นบริเวณพื้นที่ส่วนใหญ่ของภาค คือ ที่ราบลุ่มน้ำปราจีนบุรี – บางปะกง โดยที่แม่น้ำปราจีนบุรี มีต้นน้ำเกิดจากแม่น้ำพระปรงและแม่น้ำหุมนานไหลมารวมกันที่บริเวณอำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี จากนั้นไหลไปทางทิศตะวันตกบรรจบกับแม่น้ำนครนายกเป็นแม่น้ำบางปะกงที่อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา และไหลลงทะเลอ่าวไทย ในเขตอำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา บริเวณพื้นที่ราบลุ่มน้ำนี้จะลาดต่ำจากทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก

ที่ราบชายฝั่งทะเล เป็นบริเวณไม่กว้างมากนัก นับตั้งแต่บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา ไปจนถึงแหลมสารพัดพิษ จังหวัดตราด โดยเกิดจากการกัดเซาะและการทับถมของแม่น้ำสายสั้น ๆ ที่ไหลจากทิวเขาจันทบุรีลงสู่ทะเลอ่าวไทย เช่น แม่น้ำระยอง แม่น้ำประแสร์ แม่น้ำจันทบุรี แม่น้ำเวฬุ และแม่น้ำตราด

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นางสาวจินตนา ต้นเวชศิลป์
เกิดวันที่	11 กรกฎาคม 2529
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	สัตวแพทยศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งปัจจุบัน	สัตวแพทย์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	คลินิกแสนสุขสัตวแพทย์ (สามเสน 28)

