

การประเมินแหล่งของเชื้อแบคทีเรียที่ปนเปื้อนในเนื้อสุกรระหว่างการขนส่ง และจัดจำหน่ายในจังหวัดพิษณุโลก

Evaluation of Bacterial Contamination Source in Pork during Transportation and Distribution in Phitsanulok Province

อมรรัตน์ วันอังคาร^{1*}, วิลาสินี อินญาวิเลิศ¹, ณัชนันท์ เวชสูงเนิน¹, พรชัย รุ่งเรือง¹,
และ ภาณุพงศ์ พ่วงรอด¹

Amornrat Wanangkarn^{1*}, Wilasinee Inyawilert¹, Natchanun Wechsoong-nern¹,
Pornchai Rungrueng¹, and Panupong Puangrod¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินหาแหล่งของเชื้อแบคทีเรียที่ปนเปื้อนในเนื้อสุกรระหว่างการขนส่งและจัดจำหน่าย ในกระบวนการขนส่งได้สุ่มป้ายเก็บตัวอย่างจากพื้นผิวยานพาหนะจำนวน 60 ตัวอย่าง คือรถจักรยานยนต์สามล้อ 30 ตัวอย่าง และรถกระบะห้องเย็น 30 ตัวอย่าง และเก็บตัวอย่างจากซากสุกรภายหลังจากการขนส่งจำนวน 50 ตัวอย่างต่อชนิดของยานพาหนะ ในส่วนของการจัดจำหน่ายนั้นสุ่มป้ายเก็บตัวอย่างจากมือผู้จำหน่าย แผงจำหน่าย อุปกรณ์ และเก็บตัวอย่างเนื้อสุกร (เนื้อสามชั้น เนื้อสัน และเนื้อบด) จาก 5 ร้านค้า จากนั้นนำตัวอย่างมาวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อ Total aerobic bacteria (TAB), *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. และ Coliform ผลการศึกษาพบว่าพื้นผิวของรถจักรยานยนต์สามล้อมีการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรีย TAB และ Coliform มากกว่าเมื่อเทียบกับรถกระบะห้องเย็น ($P<0.05$) ทั้งนี้ในส่วนของการสุกรที่ขนส่งโดยรถกระบะห้องเย็นที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิมีการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียมากกว่าซากสุกรที่ขนส่งโดยรถจักรยานยนต์สามล้อ ($P<0.05$) จากการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อแบคทีเรียของอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดจำหน่ายพบว่าเครื่องบดเนื้อมีการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียมากที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่ามิดเป็นอุปกรณ์ที่มีการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียน้อยที่สุด ($P<0.05$) ในส่วนของเนื้อสุกรที่จำหน่ายนั้นพบว่าเนื้อบดมีการปนเปื้อนของเชื้อ TAB, *E. coli*, *Salmonella* spp. และ Coliform มากที่สุด รองลงมาคือเนื้อสัน และเนื้อสามชั้นตามลำดับ ($P<0.05$) จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าการขนส่งซากสุกรโดยไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและการขาดสุขลักษณะที่ดีในการจำหน่ายนั้นอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียและการเสื่อมเสียของเนื้อสุกรได้

คำสำคัญ: แหล่งปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรีย, เนื้อสุกร, การขนส่ง, การจัดจำหน่าย

¹ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

¹Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanuloke 65000, Thailand.

*Corresponding author: amornrat.w@nu.ac.th

Abstract

The purpose of this study was to investigate the source of bacterial contamination in pork during transportation and distribution. During transportation, surface swab samples ($n=30$) were collected from freight tricycles ($n=30$) and refrigerator truck ($n=30$), and fifty samples of carcass after transport were obtained from each vehicle type. In part of meat distribution, swab samples were collected from butcher's hand, stall and equipment, and collected pork sample (belly, loin and mince pork) from five different retail pork shop. All samples were determined the number of total aerobic bacteria (TAB), *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. and Coliform. The evaluation found that the surface of freight tricycles was more contaminated with TAB and coliform than refrigerator truck ($P<0.05$). The carcasses transported by refrigerator truck without temperature control showed significantly higher bacterial counts than the carcasses transported by freight tricycles. During meat distribution, meat grinder was the most contaminated with bacteria. On the other hand, knife was the least contaminated with bacteria ($P<0.05$). In part of pork, found that the number of TAB, *E. coli*, *Salmonella* spp. and Coliform were highest in mince pork and followed by loin and belly, respectively ($P<0.05$). Therefore, from these results can concluded that the transportation of carcass without temperature control and poor sanitation practices during meat distribution may result in a bacterial contamination and spoilage of pork.

Keywords: Bacterial contamination source, Pork, Transportation, Distribution

บทนำ

เนื้อสัตว์เป็นอาหารโปรตีนหลักของมนุษย์ แต่บ่อยครั้งที่เนื้อสัตว์เป็นสาเหตุทำให้เกิดการระบาดของโรคอาหารเป็นพิษ เนื่องจากการปนเปื้อนของแบคทีเรียที่ก่อโรคหลายชนิด ซึ่งมาจากการบวนการผลิต ทั้งนี้การเสื่อมเสียของเนื้อสัตว์นั้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อน ระยะเวลาและอุณหภูมิที่เก็บรักษา (Doulgeraki *et al.*, 2012) โดยเชื้อแบคทีเรียที่ปนเปื้อนในเนื้อสัตว์นั้นจำแนกออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) เชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสีย เช่น *E. coli*, *Enterococcus* spp. และ Coliforms และ 2) เชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค เช่น *Salmonella* spp. และ *Staphylococcus aureus* (อัญชลีและคณะ, 2556) ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรคอาหารเป็นพิษ จากรายงานของสำนักโรคระบาดวิทยาตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม-23 ธันวาคม 2562 พบว่ามีผู้ป่วยโรคอาหารเป็นพิษ จำนวน 105,672 ราย เสียชีวิต 1 ราย โดยกลุ่มอายุที่ป่วยมากที่สุด คือ อายุ 15-24 ปี รองลงมา คือ อายุมากกว่า 65 ปี และ 25-34 ปี ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในกลุ่มวัยทำงานและวัยผู้สูงอายุ (กรมควบคุมโรค, 2562) อย่างไรก็ตามยังมีผู้ป่วยโรคจำนวนไม่น้อยที่นิยมบริโภคเนื้อสัตว์ดิบๆ หรือกึ่งสุกกึ่งดิบ ซึ่งอาจทำให้เกิดอาการท้องร่วง รวมถึงโรคพยาธิที่อาจทำอันตรายถึงชีวิตอีกด้วย

การผลิตเนื้อสัตว์ให้ได้คุณภาพดีนั้นไม่ได้สิ้นสุดที่การเลี้ยงสัตว์ภายในฟาร์มเท่านั้น กระบวนการฆ่าและชำแหละ สุขลักษณะขณะขนส่ง และการจัดจำหน่ายก็มีความสำคัญ เพราะเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียได้เช่นกัน ดังนั้นในระหว่างการขนส่งและจัดจำหน่ายจะต้องมีการควบคุม

อุณหภูมิเพื่อยับยั้งการเพิ่มจำนวนของแบคทีเรีย (Rani *et al.*, 2017) ทั้งนี้แบคทีเรียที่อาจปนเปื้อนและเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภคที่แนะนำให้มีการตรวจในโรงฆ่าสัตว์ คือ *E. coli* และ *Salmonella* spp. (Castelo *et al.*, 2001) ซึ่งแบคทีเรียเหล่านี้จะพบได้แม้ในสัตว์ที่มีสุขภาพดี โดยอาศัยอยู่ตามระบบทางเดินอาหาร และรอบๆ ต่อมเหงื่อ (Biasino *et al.*, 2018) ทั้งนี้หากมีการฆ่าชำแหละหรือเอาส่วนของเครื่องในและลำไส้ออกอย่างไม่ระมัดระวัง จะทำให้แบคทีเรียที่อยู่ภายในออกมาปนเปื้อนเนื้อสัตว์ (De Busser *et al.*, 2011) นอกจากนี้อาจมีการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียในกระบวนการแช่เย็นและตัดแต่งซากอีกด้วย (Duffy *et al.*, 2001) โดยปนเปื้อนมาจากผู้ปฏิบัติงาน อุปกรณ์ พื้นผิวที่สัมผัส น้ำ และอากาศ (Borch and Arinder, 2002; Sofos, 2008)

อย่างไรก็ตามทางกรมปศุสัตว์ได้ตระหนักและเห็นความสำคัญของปัญหาดังกล่าว จึงได้กำหนดมาตรการควบคุมตั้งแต่การเลี้ยงที่ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ การฆ่าชำแหละที่โรงฆ่าสัตว์ การขนส่งเนื้อสัตว์จากโรงฆ่าสัตว์ไปสู่สถานที่จำหน่าย ตลอดจนสุขลักษณะของสถานที่จำหน่าย เพื่อให้ได้เนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพดีและปลอดภัยต่อผู้บริโภค (กรมปศุสัตว์, 2560) ดังนั้นการศึกษารั้วนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินหาแหล่งของเชื้อแบคทีเรียที่ปนเปื้อนเนื้อสุกรในระหว่างขนส่งและจัดจำหน่าย โดยตรวจหาจำนวนเชื้อแบคทีเรียรวมทั้งหมด (Total aerobic bacteria; TAB), *E. coli*, *Salmonella* spp. และ Coliform ของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง ซากสุกร ผู้จำหน่าย อุปกรณ์ และเนื้อสุกรเพื่อเป็นข้อมูลในการหาแนวทางควบคุมและป้องกันเพื่อให้ได้เนื้อสุกรที่มีคุณภาพดีและปลอดภัยต่อผู้บริโภค

วิธีการดำเนินงาน

การประเมินแหล่งของเชื้อแบคทีเรียที่ปนเปื้อนในเนื้อสุกรระหว่างการขนส่ง

การเก็บตัวอย่างนั้นจะใช้ไม้พินสำลีที่ผ่านการฆ่าเชื้อป้ายที่ผนังและพื้นของยานพาหนะก่อนการขนส่ง ขนาด 100 ตารางเซนติเมตร จำนวน 60 ตัวอย่าง คือรถจักรยานยนต์สามล้อ (Freight tricycles; FT) 30 ตัวอย่าง และรถกระบะห้องเย็น (Refrigerator truck; RT) 30 ตัวอย่าง และป้ายเก็บตัวอย่างจากซากสุกรที่ขนส่งโดยรถกระบะห้องเย็น (Carcasses transport by RT) และซากสุกรที่ขนส่งโดยรถจักรยานยนต์สามล้อ (Carcasses transport by FT) อย่างละ 50 ตัวอย่าง จากนั้นนำไม้พินสำลีใส่ในหลอดทดลองที่บรรจุสารละลายบัฟเฟอร์ (Phosphate buffer solution) และนำตัวอย่างทั้งหมดเก็บรักษาไว้ในกล่องโฟมที่บรรจุน้ำแข็งที่อุณหภูมิ 4-8 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการทันที ทั้งนี้ในการขนส่งนั้นจะใช้ระยะเวลาจากโรงฆ่ามาถึงตลาดซึ่งเป็นจุดจำหน่ายประมาณ 30 นาที โดยซากสุกรจะสัมผัสกับพื้นของยานพาหนะที่ใช้ขนส่ง

การประเมินแหล่งของเชื้อแบคทีเรียที่ปนเปื้อนในเนื้อสุกรระหว่างการจัดจำหน่าย

ทำการเก็บตัวอย่างโดยใช้ไม้พินสำลีที่ผ่านการฆ่าเชื้อป้ายที่มือขวาของผู้จำหน่าย (Butcher's hand) แผงจำหน่าย (Stall) มีด (Knives) เขียง (Cutting board) เครื่องชั่งน้ำหนัก (Balances) และเครื่องบดเนื้อ (Grinders) ขนาด 25 ตารางเซนติเมตร รวมจำนวน 150 ตัวอย่าง จากทั้งหมด 5 ร้านค้า ซึ่งจะเก็บตัวอย่างในช่วงระหว่างจัดจำหน่ายคือเวลา 03.00-05.00 น. จากนั้นนำตัวอย่างใส่หลอดทดลองที่บรรจุสารละลายบัฟเฟอร์ ในส่วนของเนื้อสุกรที่เก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ คือ เนื้อสามชั้น (Belly) เนื้อสัน (Loin) และเนื้อบด (Mince pork) โดยเก็บเนื้อสุกรประมาณ 200 กรัม ใส่ลงในถุงปลอดเชื้อ (Sterilize

bag) และนำตัวอย่างทั้งหมดเก็บรักษาไว้ในกล่องโฟมที่บรรจุน้ำแข็งที่อุณหภูมิ 4-8 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการทันที

การตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ

ตรวจวิเคราะห์จำนวนเชื้อแบคทีเรียตามวิธีการของ APHA (2001) ซึ่งทุกขั้นตอนในการตรวจวิเคราะห์จะใช้วิธีการปราศจากเชื้อ (Sterile Technique) โดยทำการเจือจางเชื้อแบคทีเรียแบบ Serial dilution แล้วนำมาเพาะเลี้ยงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่จำเพาะต่อแบคทีเรีย (Selective medium) แต่ชนิดนี้คือ Total aerobic bacteria (TAB), *E. coli*, *Salmonella* spp. และ Coliform จากนั้นนำจานอาหารที่เพาะเลี้ยงเชื้อไปบ่มในตู้อบ และนับจำนวนโคโลนีของเชื้อแบคทีเรียที่อยู่ในช่วง 30-300 โคโลนี และบันทึกผล

การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (Version 9.1) ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Soepranionondo *et al.*, 2019)

ผลการทดลองและวิจารณ์

การประเมินแหล่งของเชื้อแบคทีเรียที่ปนเปื้อนในเนื้อสุกรระหว่างการขนส่ง

จากการป้ายเก็บตัวอย่างพื้นและผนังของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งซากสุกรมาวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียพบวาร์ธจักรยานยนต์สามล้อจะมีการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรีย TAB และ Coliform ที่ระดับ 5.24 และ 2.65 log cfu/cm² ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าเมื่อเทียบกับรถกระบะห้องเย็นที่พบว่ามี การปนเปื้อนที่ระดับ 4.89 และ 1.89 log cfu/cm² ตามลำดับ ($P < 0.05$) ในส่วนของ *E. coli* และ *Salmonella* spp. นั้น พบวาร์ธจักรยานยนต์สามล้อจะมีปริมาณการปนเปื้อนน้อยกว่ารถกระบะห้องเย็น ($P > 0.05$) (Figure 1) ทั้งนี้พื้นของรถจักรยานยนต์สามล้อที่ทำมาจากไม้ซึ่งมีความหยาบและมีรูพรุนมากกว่าเมื่อเทียบกับพื้นรถกระบะห้องเย็น ดังนั้นการฉีดล้างเพียงอย่างเดียวไม่สามารถกำจัดเชื้อแบคทีเรียที่สะสมอยู่ได้ จึงทำให้พื้นผิวของรถจักรยานยนต์สามล้อมีการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียมากกว่ารถกระบะห้องเย็น ซึ่งสอดคล้องกับ Dika *et al.* (2013) ที่รายงานว่าถ้าวัสดุมีความหยาบผิวมากจะทำให้เซลล์แบคทีเรียสามารถยึดเกาะได้ดีและมีพื้นที่ในการยึดเกาะมากกว่าพื้นผิวที่มีความหยาบผิวน้อย อีกทั้งความขรุขระของพื้นผิวสามารถลดแรงเฉือนของของไหลได้ทำให้เซลล์แบคทีเรียหลุดออกจากพื้นผิวได้ยากและมีโอกาสเจริญเติบโตต่อไป

ในส่วนของซากสุกรหลังจากการขนส่งพบว่าซากสุกรที่ขนส่งโดยรถกระบะห้องเย็นจะมีการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียมากกว่าซากสุกรที่ขนส่งโดยรถจักรยานยนต์สามล้อ ($P < 0.05$) โดยพบว่ามีปริมาณเชื้อแบคทีเรีย TAB, *E. coli*, *Salmonella* spp. และ Coliform ที่ระดับ 5.03, 1.45, 1.38 และ 2.98 log cfu/cm² ตามลำดับ ในขณะที่ซากสุกรขนส่งโดยรถจักรยานยนต์สามล้อจะพบว่าการปนเปื้อนที่ระดับ 4.46, 1.05, 1.13 และ 2.60 log cfu/cm² ตามลำดับ (Figure 2)

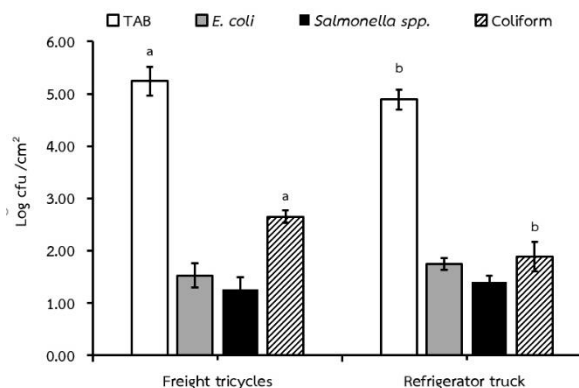


Figure 1 Mean bacteria counts in sample of freight tricycles and refrigerator truck before used to transport pork carcasses.

^{a-b} Means with the same bacteria type having different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

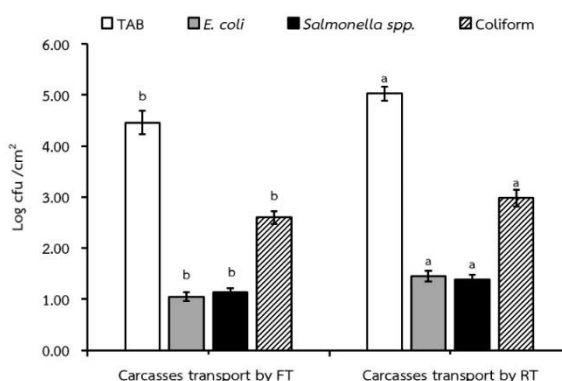


Figure 2 Mean bacteria counts in sample of carcasses transport by freight tricycles (FT) and refrigerator truck (RT).

^{a-b} Means with the same bacteria type having different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

ทั้งนี้จากการเก็บข้อมูลของงานวิจัยนี้พบว่ารถกระบะห้องเย็นที่ใช้ในการขนส่งซากสุกรจะไม่มี การเปิดเครื่องทำความเย็น เนื่องจากระยะทางจากโรงฆ่าสัตว์ไปยังแผงจำหน่ายในตลาดนั้นไม่ไกลและใช้ เวลาไม่เกิน 30 นาที ทำให้ภายในตู้ที่ใช้เก็บซากมีอุณหภูมิสูงกว่าเมื่อเทียบกับรถจักรยานยนต์สามล้อที่ เป็นระบบเปิดและมีอากาศถ่ายเทดีกว่า ทำให้อุณหภูมิของซากสุกรลดลงและพื้นผิวของซากก็แห้งขึ้นจาก ลมที่พัดผ่านระหว่างการขนส่ง ส่งผลให้ปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ปนเปื้อนในซากสุกรที่ขนส่งโดย รถจักรยานยนต์สามล้อมีค่าน้อยกว่า ซึ่งสอดคล้องกับเรณูและคณะ (2550) ที่รายงานว่ารถขนส่งซาก สุกรที่ใช้รถบรรทุกที่มีระบบทำความเย็นนั้นมักจะไม่มีเปิดเครื่องทำความเย็นเพราะเป็นการเพิ่มต้นทุนใน การขนส่ง ทำให้ไม่สามารแข่งขันด้านราคาได้ ซึ่งการไม่เปิดเครื่องทำความเย็นนั้นทำให้อุณหภูมิของซาก

สุกรเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 1-4 องศาเซลเซียส และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนพบว่าซากสุกรหลังจากการขนส่งจะมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมากกว่าก่อนการขนส่ง $1.31 \log \text{cfu/cm}^2$ ซึ่งซากสุกรที่ขนส่งโดยรถที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิจะมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมากกว่าซากสุกรที่ขนส่งโดยรถที่มีการควบคุมอุณหภูมิ ในส่วนของ *Salmonella* spp. พบว่าซากสุกรก่อนการขนส่งนั้นตรวจไม่พบเชื้อ *Salmonella* spp. แต่หลังจากการขนส่งพบว่าร้อยละ 75 ของซากสุกรนั้นตรวจพบเชื้อ *Salmonella* spp. ที่ระดับ $0.024-7.33 \text{ MPN/cm}^2$

Jeremiah and Gibson (2001) รายงานว่ากระบวนการขนส่งเนื้อสัตว์ถือเป็นขั้นตอนที่ต้องให้ความสำคัญกับการควบคุมอุณหภูมิ เนื่องจากมีผลต่อการเพิ่มอัตราการปนเปื้อนและเน่าเสียของเนื้อสัตว์ ซึ่งการเก็บรักษาเนื้อสัตว์ที่อุณหภูมิ 2-5 องศาเซลเซียสนั้น นอกจากจะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแล้ว ยังทำให้สีของเนื้อไม่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาอีกด้วย โดยสีของเนื้อสัตว์เป็นส่วนสำคัญที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อของผู้บริโภค ซึ่งสอดคล้องกับ Kozaciński *et al.* (2016) ที่ระบุว่าเชื้อแบคทีเรียที่ก่อโรคส่วนใหญ่จะไม่สามารถเจริญเติบโตหรือเพิ่มจำนวนได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส ดังนั้นในกระบวนการขนส่งหรือเก็บรักษานั้นจะต้องควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส หรือไม่ควรเกิน 8 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามอัญญรัตน์และเอกชัย (2562) รายงานว่าผู้ประกอบการโรงฆ่าสุกรจะใช้รถขนส่งที่มีการควบคุมอุณหภูมิ ≤ 4 องศาเซลเซียส มากที่สุดคือร้อยละ 78.57 รองลงมาคือรถขนส่งที่มีการควบคุมอุณหภูมิที่ 4-7 องศาเซลเซียส ร้อยละ 21.43

การประเมินแหล่งของเชื้อแบคทีเรียที่ปนเปื้อนในเนื้อสุกรระหว่างการจัดจำหน่าย

จากการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อ TAB, *E. coli*, *Salmonella* spp. และ Coliform ระหว่างการจัดจำหน่ายพบว่า มือของผู้จำหน่ายนั้นพบเชื้อที่ระดับ 4.38, 2.15, 2.10 และ $1.81 \log \text{CFU/cm}^2$ ตามลำดับ ทั้งนี้อุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดจำหน่ายนั้นพบว่ามีปริมาณการปนเปื้อนเชื้อมากที่สุดคือ 5.74, 2.33, 2.19 และ $2.92 \log \text{CFU/cm}^2$ ตามลำดับ รองลงมาคือแผงจำหน่าย ซึ่งพบการปนเปื้อนของเชื้อที่ระดับ 5.70, 1.97, 1.98 และ $2.76 \log \text{CFU/cm}^2$ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่ามิดเป็นอุปกรณ์ที่มีการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียทุกชนิดน้อยที่สุด คือ 3.97, 1.37, 1.57 และ $1.73 \log \text{CFU/cm}^2$ ตามลำดับ ($P < 0.05$) (Table 1) สอดคล้องกับ Barros *et al.* (2007) ซึ่งได้ศึกษาหาปริมาณการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียของอุปกรณ์ (เครื่องชั่ง มีด โต๊ะ และเครื่องบดเนื้อ) ที่ใช้ในร้านจำหน่ายเนื้อโค ซึ่งพบว่าเครื่องบดเนื้อนั้นมีปริมาณการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด Coliform และ *E. coli* มากที่สุด คือ 5.15, 3.11 และ $1.94 \log \text{CFU/cm}^2$ ตามลำดับ

ในส่วนของเนื้อสุกรที่ทำการตัดแต่งบนแผงพร้อมจำหน่ายคือ เนื้อสามชั้น เนื้อสัน และเนื้อบด เมื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณเชื้อแบคทีเรียพบว่าเนื้อบดมีการปนเปื้อนของเชื้อ TAB, *E. coli*, *Salmonella* spp. และ Coliform มากที่สุด คือ 6.35, 2.14, 2.77 และ $4.39 \log \text{CFU/g}$ ตามลำดับ ($P < 0.05$) รองลงมาคือเนื้อสัน ซึ่งพบเชื้อที่ระดับ 5.35, 1.87, 1.93 และ $3.87 \log \text{CFU/g}$ ตามลำดับ ทั้งนี้เนื้อสามชั้นพบปริมาณการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียน้อยที่สุด คือ 5.09, 1.75, 1.83 และ $3.69 \log \text{CFU/g}$ ตามลำดับ (Figure 3) ซึ่งกรมปศุสัตว์ได้กำหนดเกณฑ์ด้านจุลชีววิทยาของเนื้อสัตว์ทั้งในส่วนที่บริโภคภายในประเทศ และการผลิตเพื่อการส่งออกดังนี้ คือ 1) *Salmonella* spp. ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม 2) *S. aureus* น้อยกว่าหรือเท่ากับ 100 cfu/g 3) Coliform น้อยกว่าหรือเท่ากับ $5,000 \text{ org/g}$ 4) *E. coli* น้อยกว่าหรือเท่ากับ 100 org/g 5) *Enterococci* spp. น้อยกว่าหรือเท่ากับ 100 cfu/g และ 6) จำนวน

จุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5.0×10^5 cfu/g (กรมปศุสัตว์, 2551) และเมื่อพิจารณาจากผลวิเคราะห์ปริมาณเชื้อแบคทีเรียในงานวิจัยนี้พบว่าตัวอย่างเนื้อสันและเนื้อสามชั้นมีปริมาณเชื้อ *Salmonella* และ *Coliform* เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กรมปศุสัตว์กำหนด ส่วนเนือบดพบว่าปริมาณเชื้อแบคทีเรียทุกชนิดที่ตรวจเกินเกณฑ์มาตรฐาน ทั้งนี้ Ejeta *et al.* (2004) ระบุว่าถึงแม้จะนำเนื้อสัตว์ที่มีการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียน้อยมาลดขนาดเป็นเนือบดก็ยังคงจะทำให้ปริมาณการปนเปื้อนเพิ่มมากขึ้นเพราะการบดเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวทำให้แบคทีเรียสามารถยึดเกาะและเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็ว และจากการเก็บข้อมูลของงานวิจัยนี้ยังพบว่าเครื่องบดเนื้อเป็นอุปกรณ์ที่มีการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียมากที่สุด

Table 1 Mean bacteria counts (mean $\pm$ SE) in samples of butcher's hand and equipment collected from butcher's shop at the local market.

Item	Bacteria counts (log CFU/cm ²)			
	TAB	<i>E. coli</i>	<i>Salmonella</i> spp.	Coliform
Butcher's hand	4.38 ^b $\pm$ 0.16	2.15 ^{ab} $\pm$ 0.26	2.10 ^{ab} $\pm$ 0.20	1.81 ^{bc} $\pm$ 0.17
Stall	5.70 ^a $\pm$ 0.23	1.97 ^b $\pm$ 0.18	1.98 ^b $\pm$ 0.17	2.76 ^a $\pm$ 0.19
Knives	3.97 ^d $\pm$ 0.12	1.37 ^c $\pm$ 0.10	1.57 ^c $\pm$ 0.19	1.73 ^c $\pm$ 0.15
Cutting board	4.52 ^b $\pm$ 0.15	1.82 ^b $\pm$ 0.19	1.94 ^b $\pm$ 0.13	1.92 ^b $\pm$ 0.27
Balances	4.19 ^c $\pm$ 0.11	1.45 ^c $\pm$ 0.07	1.66 ^c $\pm$ 0.21	1.95 ^b $\pm$ 0.12
Grinders	5.74 ^a $\pm$ 0.21	2.33 ^a $\pm$ 0.21	2.19 ^a $\pm$ 0.17	2.92 ^a $\pm$ 0.21

^{a-c} Means with the same column having different superscripts are significantly different ($P < 0.05$)

อย่างไรก็ตามการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียของเนื้อสัตว์ที่จำหน่ายนั้นมีสาเหตุมาจากสุขลักษณะและการจัดการตั้งแต่กระบวนการฆ่า การตัดแต่ง การขนส่ง และการจำหน่าย Niyonzima *et al.* (2013) รายงานว่าการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียของเนื้อโคจะเพิ่มขึ้นตลอดกระบวนการผลิตตั้งแต่โรงฆ่าไปจนถึงตลาด โดยจะพบการเพิ่มขึ้นของเชื้อ TAB จาก 5.1 เป็น 10.9 log CFU/g เชื้อ Coliforms เพิ่มขึ้นจาก 3.1 เป็น 4.7 log CFU/g และ *E. coli* เพิ่มขึ้นจาก 0.8 เป็น 3.0 log CFU/g ทั้งนี้การทำความสะอาดอุปกรณ์และมือของผู้สัมผัสเนื้อสัตว์จะช่วยลดการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียได้ ซึ่งพบว่าเนื้อสัตว์ที่ผ่านการตัดแต่งจากสายการผลิตที่มีการทำความสะอาดทั้งอุปกรณ์และมือของผู้สัมผัสเนื้อสัตว์อย่างเคร่งครัดจะมีปริมาณการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิต่ำกว่าเท่ากับ 0.30-1.00 log CFU/cm² และหากไม่มีการทำความสะอาดเป็นระยะเวลา 24 และ 72 ชั่วโมง ก็จะมีการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียที่ระดับ 4.20 และ 6.05 log CFU/cm² ตามลำดับ (Greer and Jeremiah, 1980)

สรุป

จากการประเมินแหล่งของเชื้อแบคทีเรียที่ปนเปื้อนในเนื้อสุกรระหว่างการขนส่งและจัดจำหน่ายนั้นสามารถสรุปได้ว่าการขนส่งซากสุกรจากโรงฆ่ามายังจุดจำหน่ายโดยใช้รถกระบะห้องเย็นที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิจะทำให้ปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ปนเปื้อนซากสุกรเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้สุขลักษณะของผู้จำหน่ายและอุปกรณ์ที่ใช้ยังเป็นสาเหตุของการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียในเนื้อสุกร โดยเฉพาะเครื่องบดเนื้อซึ่งพบว่ามีปริมาณการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียมากที่สุด ส่งผลทำให้เนือบดนั้นมีการปนเปื้อนของ

เชื้อ TAB, *Salmonella* spp., *E. coli* และ Coliform เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กรมปศุสัตว์กำหนดไว้ จากผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าควรมีมาตรการในการควบคุมและตรวจสอบรถขนส่งซากหรือเนื้อสัตว์ให้มีระบบควบคุมอุณหภูมิและที่สำคัญต้องเปิดใช้งานทุกครั้งที่ขนส่ง นอกจากนี้ควรมีการฝึกอบรมผู้จัดจำหน่ายเนื้อสัตว์ให้มีความรู้ความเข้าใจด้านสุขอนามัยของผู้ปฏิบัติงาน ตลอดจนการทำความสะอาดและการเก็บรักษาวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดจำหน่ายเพื่อลดการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียในเนื้อสัตว์

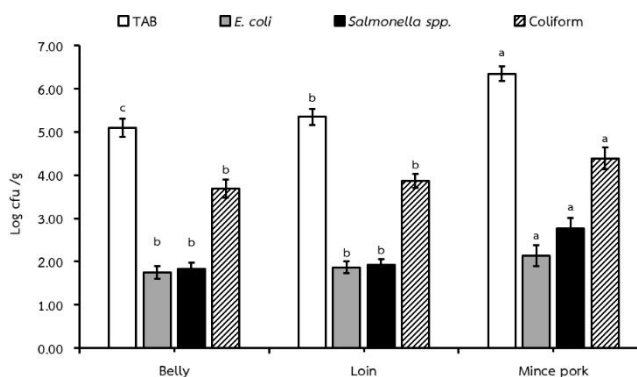


Figure 3 Mean bacteria counts in sample of belly, loin and mince pork during distribution at the local market.

a-c Means with the same bacteria type having different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยนเรศวรที่สนับสนุนทุนวิจัย ภายใต้งบประมาณรายได้ เลขที่สัญญา R2559C134 ขอขอบคุณเทศบาลนครพิษณุโลกที่ให้ความอนุเคราะห์เข้าเก็บตัวอย่างภายในโรงฆ่าสัตว์เทศบาลนครพิษณุโลก ขอขอบคุณผู้ประกอบการค้าเนื้อสุกรทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่าง และขอขอบคุณนิสิตสาขาสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์ที่เป็นผู้ช่วยวิจัยจนงานวิจัยสำเร็จตามวัตถุประสงค์

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมโรค. (2562). กรมควบคุมโรคแนะประชาชนยึดหลัก “สุก ร้อน สะอาด” ป้องกัน 2 โรคติดต่อทางอาหารและน้ำในช่วงเทศกาลปีใหม่. สืบค้น 27 เมษายน 2563, จาก https://ddc.moph.go.th/brc/news.php?news=10833&deptcode=brc&news_views=163

กรมปศุสัตว์. (2551). เกณฑ์ด้านจุลชีววิทยาของสินค้า ปศุสัตว์เพื่อการส่งออก. สืบค้น 30 เมษายน 2563, จาก http://qcontrol.dld.go.th/images/law/regulation/MicrobiologicalSTD_forLivestock_Products.PDF.

- กรมปศุสัตว์. (2560). *โครงการเนื้อสัตว์ปลอดภัย ใส่ใจผู้บริโภค (ปศุสัตว์ OK)*. สืบค้น 30 เมษายน 2563, จาก <http://certify.dld.go.th/certify/index.php/th/2016-05-01-14-51-22/km/300-ok>
- เรณู ทวีชาติวิทยากุล, พรรณี สิ้นชัยพานิช, เนตรนภิส ธนนิเวศน์กุล, นฤมล ปิ่นประไพ, และอังคารศิริ ตีอ่วม. (2550). *การวิจัยรูปแบบการจัดการความปลอดภัยในเนื้อหมูในขั้นตอนการขนส่งจากสุกร*. นครปฐม: สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- อัญชลี ระวังการ, อัยลดา สมศรี, สืบชาติ สัจจาทิตย์, และจันทร์เพ็ญ ชำนาญพุฒ. (2556). การปนเปื้อนของแบคทีเรียในเนื้อสัตว์จากโรงฆ่าสัตว์และสถานที่จำหน่ายในเขตพื้นที่ภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย. ใน *รายงานวิจัยนี้ให้นำเสนอในงานประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ การพัฒนาชนบทที่ยั่งยืน ประจำปี 2556 ครั้งที่ 3 พฤษภาคม*. ขอนแก่น.
- อัญญารัตน์, ราชประโคน, และเอกชัย ก่อเกียรติสกุลชัย. (2562). *การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการปนเปื้อนเชื้อซัลโมเนลลาในสินค้าโครงการเนื้ออนามัย (Q mark) ปี พ.ศ.2557-2559*. สืบค้น 30 เมษายน 2563, จาก <http://certify.dld.go.th/certify/images/research/R2562/Fon-UBinder.pdf>.
- APHA. (2001). *Compendium of methods for the microbiological examination of foods* (4th ed.). Washington, D.C.: American Public Health Association.
- Barros, M., L. Nero, A. Monteiro, and V. Beloti. (2007). Identification of main contamination points by hygiene indicator microorganisms in beef processing plants. *Ciencia E Tecnologia De Alimentos*, 27, 856-862.
- Biasino, W., L. De Zutter, J. Woollard, W. Mattheus, S. Bertrand, M. Uyttendaele, I. Van Damme, E. Borch, and P. Arinder. (2018). Reduced contamination of pig carcasses using an alternative pluck set removal procedure during slaughter. *Meat Science*, 145, 23-30.
- Borch, E., and P. Arinder. (2002). Bacteriological safety issues in beef and ready-to-eat meat products, as well as control measures. *Meat Science*, 62(3), 381-390.
- Castelo, M.M., D.H. Kang, G.R. Siragusa, M. Koohmaraie, and E.D. Berry. (2001). Evaluation of Combination Treatment Processes for the Microbial Decontamination of Pork Trim. *Journal of Food Protection*, 64(3), 335-342.
- De Busser, E.V., D. Maes, K. Houf, J. Dewulf, H. Imberechts, S. Bertrand, and L. De Zutter. (2011). Detection and characterization of Salmonella in lairage, on pig carcasses and intestines in five slaughterhouses. *International Journal of Food Microbiology*, 145, 279-286.
- Dika, C., M.H. Ly-Chatain, G. Francius, J.F.L. Duval, and C. Gantzer. (2013). Non-DLVO adhesion of F-specific RNA bacteriophages to abiotic surfaces: Importance of surface roughness, hydrophobic and electrostatic interactions. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 435, 178-187.

- Doulgeraki, A., D. Ercolini, F. Villanisco, and G.J.E. Nychas. 2012. Spoilage microbiota associated to the storage of raw meat in different conditions. *International Journal of Food Microbiology*, 157, 130-141.
- Duffy, A.E., K.E. Belk, J.N. Sofos, S.B. Levalley, M.L. Kain, J.D. Tatum, G.C. Smith, and C.V. Kimberling. (2001). Microbial Contamination Occurring on Lamb Carcasses Processed in the United States. *Journal of Food Protection*, 64, 503-508.
- Ejeta, G., B. Molla, D. Alemayehu, and A. Muckle. (2004). Salmonella serotypes isolated from minced meat beef, mutton and pork in Addis Ababa, Ethiopia. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 11, 547-551.
- Greer, G.G., and L.E. Jeremiah. (1980). Effect of retail sanitation on the bacterial load and shelf life of beef. *Journal of Food Protection*, 43(4), 277-287.
- Jeremiah, L., and L. Gibson. (2001). The influence of storage temperature and storage time on color stability, retail properties and case-life of retail-ready beef. *Food Research International*, 34, 815-826
- Kozačinski, L., A.G. Bošković, B. Hengl and B. Njari. (2016). Food safety depending on the conditions of transport and storage. *Paper presented at the meeting of the 6th Croatian Veterinary Congress*, Opatija.
- Niyonzima, E., D. Bora, and M.P. Ongol. (2013). Assessment of beef meat microbial contamination during skinning, dressing, transportation and marketing at a commercial abattoir in Kigali city, Rwanda. *Pakistan Journal of Food Sciences*, 23(3), 133-138.
- Rani, Z.T., A. Hugo, C.J. Hugo, P. Vimiso, and V. Muchenje. (2017). Effect of post-slaughter handling during distribution on microbiological quality and safety of meat in the formal and informal sectors of South Africa: A review. *South African Journal of Animal Science*, 47(3), 255-267.
- Soepranianondo, K., D.K. Wardhana, Budiarto, and Diyanoro. (2019). Analysis of bacterial contamination and antibiotic residue of beef meat from city slaughterhouses in East Java Province, Indonesia. *Veterinary World*, 12(2), 243-248
- Sofos, J.N. (2008). Challenges to meat safety in the 21st century. *Meat Science*, 78(1-2), 3-13.