

อากาศมีปริมาณลดลง เช่น แบคทีเรียที่ต้องการอากาศบนซากไก่หลังถอนขนหลังปรับปรุง ลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ( $p < 0.001$ ) เมื่อเทียบกับก่อนการปรับปรุง และซากไก่สดพร้อมจำหน่ายหลังปรับปรุงลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ( $p < 0.001$ ) เมื่อเทียบกับก่อนปรับปรุง และยังพบอีกว่าภายหลังการปรับปรุงโรงฆ่าไก่ทุกๆ ตัวอย่างที่เก็บมีปริมาณแบคทีเรียที่ต้องการอากาศไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

ดังนั้นการทำความสะอาดอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ก่อนการใช้งาน การล้างมือของพนักงาน การเปลี่ยนน้ำล้างซากไก่ การระงับรักษาความสะอาดในระหว่างปฏิบัติงานของพนักงาน การปรับเปลี่ยนระบบการทำงานของพนักงานในการควักล้างเครื่องในไก่ให้ทำขั้นตอนเดียวต่อกลุ่มหรือต่อคน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานก่อนหน้านี้ที่พบว่าหากมีการแตกของระบบทางเดินอาหารขึ้นในขั้นตอนการควักเครื่องในจะเพิ่มปริมาณเชื้อกลุ่ม *Enterobacteriaceae* ได้อย่างมีนัยสำคัญ (Goksoy *et al.*, 2004) นอกจากนี้การเพิ่มวิธีการอื่นๆ นอกเหนือจากปฏิบัติตามปกติ สามารถช่วยลดโอกาสการปนเปื้อนเชื้อได้ เช่น การใช้กรดอินทรีย์พ่นคอกพักไก่ การล้างซากไก่ให้มากขึ้น เป็นต้น (Bolder, 1997; Sakhare *et al.* 1999; Yashoda *et al.*, 2001)

### สรุป

ผลการศึกษาปริมาณเชื้อ *E. coli* *S. aureus* และแบคทีเรียที่ต้องการอากาศในกระบวนการฆ่าของโรงฆ่าไก่ขนาดเล็ก พบว่าคอกพักไก่ ตัวไก่ และเชื้อใน Cloaca เป็นแหล่งสะสมแบคทีเรียที่สำคัญ ผลของการปรับปรุงด้านสุขศาสตร์ในโรงฆ่าไก่ (การทำความสะอาดเครื่องมือ-อุปกรณ์ และมือพนักงาน คอกพักไก่มีชีวิต และการปฏิบัติงานของพนักงาน ร่วมกับการล้างซากไก่ด้วยน้ำ) ช่วยลดการปนเปื้อนข้ามบนซากไก่ และส่งผลทำให้ในภาพรวมปริมาณของเชื้อในกระบวนการฆ่าทุกขั้นตอนทั้งก่อนกระบวนการฆ่า ขั้นตอนระหว่างกระบวนการฆ่า และขั้นตอนภายหลังกระบวนการฆ่าลดลง และเกิดความปลอดภัยต่อผู้บริโภคเนื้อไก่มากยิ่งขึ้น

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลงไปด้วยดีเพราะได้รับความช่วยเหลือจากเจ้าของสถานประกอบการที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดีและตั้งใจในการปรับปรุง และทางคณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่สนับสนุนทุนวิจัยแก่คณะผู้วิจัย (รหัสโครงการ RDG5520031)

### เอกสารอ้างอิง

- ชุมพล นาครินทร์ และชาญชัย จุลโบล. 2554. การสำรวจและการวิเคราะห์สภาพโรงฆ่าสัตว์ในจังหวัดชัยภูมิเพื่อปรับปรุงให้เป็นโรงฆ่าสัตว์มาตรฐาน. สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดชัยภูมิและสำนักงานปศุสัตว์จังหวัดกรุงเทพมหานคร. กรมปศุสัตว์. [online] Available: [http://www.dld.go.th/certify/th/index.php?option=com\\_content&view=article&id=822:2012-03-08-03-31-59&catid=50:rese\\_arch&Itemid=83](http://www.dld.go.th/certify/th/index.php?option=com_content&view=article&id=822:2012-03-08-03-31-59&catid=50:rese_arch&Itemid=83). [สืบค้นวันที่ 8 ตุลาคม 2555]
- เพ็ญนภา มัชยมพงศ์. 2551. การลดความเสี่ยงของการปนเปื้อนเชื้อซัลโมเนลลาในโรงฆ่าสัตว์ปีก. สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์. กรุงเทพฯ. หน้า 9.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2548. มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช. 6700 – 2548) : เนื้อไก่ ICS 67.120.20. หน้า 7.

- อภิชัย นาคีสังข์ และ ปราโมทย์ ศรีสังข์. 2549. ผลของกระบวนการล้างซากและกระบวนการลดอุณหภูมิซากในการลดการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียรวมและเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียบนซากไก่. สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าปศุสัตว์. กรมปศุสัตว์. [online] Available: [http://www.dld.go.th/certify/th/index.hp?option=com\\_content&view=article&id=234:academic&catid=50:research&Itemid=83](http://www.dld.go.th/certify/th/index.hp?option=com_content&view=article&id=234:academic&catid=50:research&Itemid=83). [สืบค้นวันที่ 8 ตุลาคม 2555]
- Bolder, N.M. 1997. Decontamination of meat and poultry carcasses. *Trends Food Sci. Tech.* 8: 221-227.
- Capita, R., M.A'Ivarez-Astorga, C.Alonso-Calleja, B.Moreno, and M. del Camino Garcí'a-Ferna'ndez, 2003. Occurrence of salmonellae in retail chicken carcasses and their products in Spain. *Int. J. Food Microbiol.* 81: 169-173.
- Goksoy, E.O., S. Kirkan, and F. Kok, 2004. Microbiological quality of broiler carcasses during processing in two slaughterhouses in Turkey. *Poult. Sci.* 83: 1427-1432.
- International Organization for Standardization (ISO). 1999. ISO 6888-1:1999. Microbiology of food and animal feeding stuffs-Horizontal method for the enumeration of coagulase-positive staphylococci (*Staphylococcus aureus* and other species) - Part 1: Technique using Baird-Parker agar medium
- International Organization for Standardization (ISO). 2001. ISO 16649:2001. Microbiology of food and animal feeding stuffs-Horizontal method for the enumeration of  $\beta$ -D-glucuronidase-positive *Escherichia coli* Part 2: Colony- count technique at 44 °C using 5-bromo-4-chloro-3-indolyl  $\beta$ -D-glucuronide.
- International Organization for Standardization (ISO). 2003. ISO 4833:2003. Microbiology of food and animal feeding stuffs-Horizontal method for the enumeration of microorganisms-colony-count technique at 30 °C.
- Sakhare, P.Z., N.M. Sachindra, K.P. Yashoda, and D. Narasimha Rao. 1999. Efficacy of intermittent decontamination treatments during processing in reducing the microbial load on broiler chicken carcass. *Food Cont.* 10: 189-194.
- Tsola, E., E.H. Drosinos, and P. Zoiopoulos. 2008. Impact of poultry slaughter house modernization and updating of food safety management systems on the microbiological quality and safety of products. *Food Cont.* 19: 423-431.
- Yashoda, K.P., N.M. Sachindra, P.Z. Sakhare, and D. Narasimha Rao. 2001. A research note: Microbiological quality of broiler chicken carcasses processed hygienically in a small scale poultry processing unit. *J. Food Qual.* 24: 249-259.

## อิทธิพลของการปรับปรุงกระบวนการฆ่าต่อการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp.

ในโรงฆ่าไก่ขนาดเล็กในชุมชนเมือง เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ

### Influence of Improvement of Slaughtering Processes on Contamination of *Salmonella* spp. in Small Scale Chicken Slaughterhouse in Urban, Laksi district, Bangkok

จำลอง มิตรชาวไทย<sup>1,\*</sup>, พัชรพงศ์ จันทรเจริญ<sup>2</sup>, รัชกฤษ เลิศภัทรโกมล<sup>1</sup>, ทศนีย์ ตรีรัตน์อภิวัน<sup>1</sup>

ดวงจิต คณิงเพียร<sup>1</sup> และ กมลชนก ศรีเอียง<sup>1</sup>

Jamlong Mitchaothai<sup>1,\*</sup>, Pattarapong Chanchaen<sup>2</sup>, Rachakris Lertpatarakomol<sup>1</sup>,

Tassanee Trairatapiwan<sup>1</sup>, Doungjit Kanungpean<sup>1</sup>, and Kamonchanok Srieang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร หนองจอก กรุงเทพฯ

<sup>2</sup>สำนักงานสัตวแพทย์สาธารณสุข สำนักอนามัย กรุงเทพฯ

<sup>1</sup>Faculty of Veterinary Medicine, Mahanakorn University of Technology, Nong Chok, Bangkok

<sup>2</sup>Office of Veterinary Public Health, Health Department, Bangkok

\*Corresponding author: jmitchothai@yahoo.com

#### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของการปรับปรุงโรงฆ่าไก่ขนาดเล็ก ในชุมชนเมืองเขตหลักสี่ กรุงเทพฯ ต่อการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ในกระบวนการฆ่าไก่ ได้ศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ก่อนการปรับปรุงโรงฆ่า จากนั้นนำผลที่ได้มาวิเคราะห์และทำการปรับปรุงโรงฆ่าไก่เพื่อลดการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ผลการศึกษาหลังการปรับปรุงพบว่าการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. บนซากไก่ลดลงอย่างมากอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. บนซากไก่หลังปนขนเท่าร้อยละ 15 ซึ่งลดลงอย่างมากจากช่วงก่อนการปรับปรุงฯ ที่พบการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ร้อยละ 58 และการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. บนซากไก่สดพร้อมจำหน่ายเท่ากับร้อยละ 3 ลดลงอย่างมากจากการปนเปื้อนที่พบบนซากไก่สดพร้อมจำหน่ายก่อนปรับปรุงฯ ที่พบการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ร้อยละ 70 ดังนั้นการปรับปรุงโรงฆ่าไก่ด้านสุขศาสตร์ช่วยลดโอกาสการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ได้มาก โดยเฉพาะการทำความสะอาดอุปกรณ์และเครื่องมือก่อนใช้งานแต่ละครั้ง การเปลี่ยนน้ำล้างซากไก่ และการล้างมือของพนักงานที่ทำการควักเครื่องใน ช่วยลดการปนเปื้อนข้ามของเชื้อ *Salmonella* spp. บนซากไก่

**คำสำคัญ:** โรงฆ่าไก่ขนาดเล็ก กระบวนการฆ่า การปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp.

#### Abstract

This study was carried out to study the effects of improving small scale chicken slaughterhouse in urban, Laksi district, Bangkok on contamination of *Salmonella* spp. in chicken slaughtering processes. Possible risk factors for *Salmonella* spp. contamination were determined before slaughterhouse improvement and subsequently the risk factors were adopted for chicken slaughterhouse improvement to lower contamination of *Salmonella* spp.. After improving the chicken slaughterhouse, the contamination of

*Salmonella* spp. on chicken carcasses was significantly reduced. The percentage of contaminated plucking chicken carcasses was 15 after the improvement, compared with the percentage of 58 before the improvement and final chicken carcasses had 3 percentage of *Salmonella* spp. contamination after the improvement while 70% of contaminated final chicken carcasses found before the improvement. Thus, the hygienic improvement, especially cleaning equipment and facilities, change of carcass washing water and slaughterhouse staff's hand washing could decrease risk of *Salmonella* spp. contamination.

**Key words:** small scale chicken slaughterhouse, slaughtering processes, contamination of *Salmonella* spp.

## บทนำ

ในปัจจุบันรัฐบาลได้มีการกำหนดนโยบายความปลอดภัยด้านอาหาร (Food safety) เพื่อเป็นการยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชน ด้วยการส่งเสริมให้ได้บริโภคอาหารที่ผลิตด้วยกระบวนการที่ปลอดภัย โรงฆ่าไก่ขนาดเล็กเป็นแหล่งสำคัญในการผลิตเนื้อไก่ให้กับผู้บริโภคภายในประเทศ การปนเปื้อนในโรงฆ่าไก่ขนาดเล็กนี้ จึงมีผลต่อความปลอดภัยด้านอาหารและสุขภาพของประชาชน ปัจจุบันต้องการลดการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียบนซากไก่พร้อมจำหน่าย ซึ่งเชื้อแบคทีเรียชนิดที่มีความสำคัญในโรงฆ่าไก่ คือ เชื้อ *Salmonella* spp. ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ก่อปัญหาทางสาธารณสุขศาสตร์อย่างมากทั่วโลก (WHO, 2012) พบว่าการได้รับเชื้อ *Salmonella* spp. นั้นมาจากการรับประทานเนื้อไก่ถึงร้อยละ 29 (Bruggeman, 2008) ทั้งนี้ในการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ในเนื้อไก่ส่วนใหญ่ นั้นเกิดขึ้นจากหลายปัจจัยเสี่ยง ได้แก่ การปนเปื้อนระหว่างกระบวนการผลิตในโรงฆ่า การปนเปื้อนเชื้อระหว่างกระบวนการขนส่งซาก และการปนเปื้อนเชื้อระหว่างการจำหน่าย เพราะฉะนั้นในการผลิตเนื้อสัตว์จึงมีความจำเป็นที่จะต้องผลิตเนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพ ปลอดภัย สะอาด ปราศจากสารตกค้างและปราศจากการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. โดยโรงฆ่าสัตว์ที่ถูกสุขลักษณะนั้นจะช่วยลดปริมาณเชื้อโรคและสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อคนที่ปนเปื้อนในเนื้อสัตว์ลงได้เป็นอย่างมาก อีกทั้งยังลดผลกระทบที่มีต่อสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าโรงฆ่าสัตว์แบบเดิมๆ ทั้งนี้โรงฆ่าไก่ขนาดเล็กในชุมชนเมือง เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ เป็นสถานประกอบการที่ดำเนินการฆ่าไก่มาเป็นเวลานานมากกว่า 20 ปี โดยมีชุมชนมาขายไอบล่อมในภายหลัง และผู้ประกอบการได้เล็งเห็นความสำคัญของความปลอดภัยด้านอาหารต่อผู้บริโภค จึงมีแนวคิดที่จะดำเนินการปรับปรุงสถานที่ และกระบวนการทำงานเพื่อลดการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียบนซากไก่และเครื่องในไก่ให้มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค โดยมุ่งเน้นเรื่องการปรับปรุงกระบวนการฆ่าให้ดีและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เพื่อลดการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ซึ่งมีผลกระทบอย่างมากต่อผู้บริโภค

## วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. ในกระบวนการฆ่า ของโรงฆ่าไก่ขนาดเล็กในชุมชนเมือง เขตหลักสี่ และผลของการปรับปรุงกระบวนการฆ่าในโรงฆ่าไก่เพื่อลดการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp.

## อุปกรณ์และวิธีการ

โรงฆ่าไก่ขนาดเล็กในชุมชนเมืองเขตหลักสี่ กรุงเทพฯ มีกำลังการผลิตประมาณ 200 – 250 ซากต่อวัน โดยสภาพและการทำงานในโรงฆ่าไก่ก่อนการปรับปรุงที่สำคัญ คือ ตลอดเส้นทางของกระบวนการฆ่าไก่ (slaughtering line) ไม่มีการสัมผัสพื้นโรงฆ่าไก่ โต๊ะผ่าซากและภาชนะที่ใช้ในกระบวนการฆ่า (เช่น ภาชนะใส่น้ำล้าง

ซาก ภาชนะใส่เครื่องใน) ทำด้วยสแตนเลส แต่อย่างไรก็ตามเส้นทางของกระบวนการฆ่าไก่มีการตัดข้ามกันระหว่างจุดนำไก่เข้าเชือดและไก่ที่ออกจากเครื่องถอนขน ไม่มีการเปลี่ยนน้ำในบ่อล้างซากไก่และบ่อลวก มีดเชือดคอและมีดผ่าซากไม่สะอาด และขั้นตอนการปฏิบัติงานของพนักงานในแผนกคักเครื่องในมีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนข้ามซากไก่ ตรวจสอบการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. โดยดำเนินการเก็บตัวอย่างในกระบวนการฆ่าไก่ในสถานประกอบการ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ ก่อนกระบวนการฆ่า ระหว่างกระบวนการฆ่า และภายหลังกระบวนการฆ่า บริเวณจุดที่น่าจะเป็นจุดเสี่ยงที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. (Table 1) โดยเก็บตัวอย่างทั้งหมด 4 ครั้ง ห่างกันครั้งละ 2 สัปดาห์ เก็บตัวอย่างโดยการ swab และตัวอย่างน้ำ 200 – 250 มิลลิลิตรต่อตัวอย่าง สำหรับการ swab หากเป็นตัวอย่างที่มีพื้นที่ผิวมากทำการ swab รวมเป็นพื้นที่ 100 ตารางเซนติเมตรต่อตัวอย่าง ส่วนตัวอย่างที่มีพื้นที่ผิวน้อยทำการ swab พื้นผิวทั้งหมด เช่น หน้าตัดของใบมีด มือของพนักงาน ทำการ Swab cloaca ของไก่สุกประมาณ 1 นิ้ว นำตัวอย่างจากการ swab เก็บไว้ใน 0.85% NaCl ตัวอย่างทั้งหมดเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็นในถังน้ำแข็งและนำตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์ภายหลังการเก็บรักษาไม่เกิน 12 ชั่วโมง โดยตรวจหาเชื้อ *Salmonella* spp. โดยวิธี ISO 6579:2002 แล้วนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาร้อยละของจำนวนตัวอย่างที่พบเชื้อ *Salmonella* spp. จากตัวอย่างทั้งหมด เพื่อประเมินหาจุดเสี่ยงที่มีผลทำให้เกิดการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. ในกระบวนการฆ่าในโรงฆ่าไก่ และเพื่อใช้เป็นแนวทางการปรับปรุงโรงฆ่าไก่เพื่อลดการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ในกระบวนการฆ่า รวมทั้งสังเกตการปฏิบัติงานในโรงฆ่าไก่ที่อาจส่งผลให้เกิดการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. จากนั้นทำการปรับปรุงโรงฆ่าไก่จากการศึกษาพบว่าก่อนการปรับปรุงโรงฆ่าไก่ มีปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. คือ ก่อนกระบวนการก่อนฆ่า โดยพบว่า พื้นคอก ผนังคอกยังไม่มีการฉีด พื้นผิวตัวไก่ และ Cloaca มีการปนเปื้อน *Salmonella* spp. ร้อยละ 100, 50, 55 และ 41 ตามลำดับ (Table 1) แสดงว่ามีเชื้อสะสมทั้งในสิ่งแวดล้อมและในตัวไก่มีชีวิต ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากการปนเปื้อนที่เกิดขึ้นจากการที่ไก่ออนบนพื้นคอกที่มีมูลปนเปื้อนอยู่ (Capita et al., 2003) โดยอาจส่งผลให้เกิดการปนเปื้อนไปสู่ซากไก่ในระหว่างกระบวนการฆ่า สำหรับการปนเปื้อนในระหว่างและหลังกระบวนการฆ่า พบว่ามือของพนักงาน มีดและน้ำในบ่อต่างๆ มีการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. มากขึ้นหลังปฏิบัติงาน ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนข้าม (cross contamination) ได้ ส่งผลให้เกิดการปนเปื้อนของเชื้อไปยังซากไก่หลังถอนขนและซากไก่สดพร้อมจำหน่ายคิดเป็นร้อยละ 58 และ 70 ตามลำดับ (Table 1) แต่อย่างไรก็ตามก่อนการใช้งานไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อในน้ำบ่อลวกและน้ำล้างซากหลังคักเครื่องใน ซึ่งเป็นผลดีที่จะช่วยลดการปนเปื้อนได้ (FAO/WHO, 2009) จากการสังเกตเส้นทางของกระบวนการฆ่าไก่ (slaughtering line) พบว่ามีจุดตัดกันระหว่างโซนสกปรกและโซนสะอาด คือเส้นทางขนย้ายไก่มีชีวิตเข้าเชือดซึ่งจะตัดกันเส้นทางการขนย้ายซากไก่หลังถอนขนไปยังโต๊ะผ่าซาก ทำให้มีโอกาสในการปนเปื้อนเชื้อได้ และสำหรับการผ่าซากไก่ คักเครื่องใน และตักแต่งซากไก่ โดยพนักงานคนเดิมคนเดียว มีโอกาสที่จะทำให้การปนเปื้อนข้ามได้เช่นกัน (เพ็ญภา, 2551) ผลการศึกษาพบว่าจุดเสี่ยงและปัจจัยเสี่ยงของการปนเปื้อนแบคทีเรียในโรงฆ่าไก่ขนาดเล็กในเขตชุมชนเมือง เขตหลักสี่ คือ การสะสมของเชื้อจุลินทรีย์ในทางเดินอาหาร และบริเวณคอกพักไก่เป็นแหล่งสะสมเชื้อเริ่มต้นที่สำคัญ มือพนักงาน มีดเชือดคอ มีดผ่าซาก โต๊ะผ่าซาก และอุปกรณ์-เครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการฆ่า เป็นจุดที่มีโอกาสของการปนเปื้อนและสะสมเชื้อจุลินทรีย์ รวมทั้งน้ำในบ่อต่างๆ ที่ใช้ในการล้างซาก ช่วยลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ได้ แต่เมื่อใช้ล้างซากไก่ไประยะหนึ่งจะมีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำมากขึ้นจากการสะสมเชื้อจุลินทรีย์ จากการสังเกตพบปัจจัยที่อาจก่อให้เกิดความเสี่ยงของการปนเปื้อนเชื้อ คือ การใช้สายยางน้ำเพียงเส้นเดียวในการเติมน้ำในบ่อต่างๆ หรือในระหว่างกระบวนการปฏิบัติงาน เส้นทางของกระบวนการฆ่าไก่ (slaughtering line) มีการตัดข้ามกัน ระบบการทำงานในแผนกผ่าซากและตักแต่งซากเพิ่มโอกาสการปนเปื้อนข้ามสูงขึ้น

จากผลการศึกษาก่อนการปรับปรุงโรงฆ่าไก่ ทำให้พบจุดเสี่ยงหรือขั้นตอนที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. สูงขึ้น จึงได้มีการปรับปรุงการปฏิบัติงานและเส้นทางของกระบวนการฆ่าไก่ (slaughtering line) ในโรงฆ่าไก่ใหม่ คือ 1) ทำความสะอาดคอกและผนังคอกพักไก่ ทุกครั้งหลังจากใช้งานเสร็จ 2) ย้ายจุดเชือดไก่และตำแหน่งของภาชนะพักไก่หลังเชือดออกมา เพื่อให้เส้นทางของกระบวนการฆ่าไก่ (slaughtering line) ไม่ตัดข้ามกัน 3) พนักงานโรงฆ่าทำการล้างมือด้วยสบู่ให้สะอาดก่อนทำงาน 4) ทำความสะอาดของมีดเชือดคอและมีดผ่าซากหลังใช้งาน 5) จัดระบบการทำงานในแผนกคักเครื่องในใหม่ โดยแบ่งพนักงานออกเป็นสามกลุ่ม คือ กลุ่มที่หนึ่งทำหน้าที่คักเครื่องในและตกแต่งซากไก่ กลุ่มที่สองทำหน้าที่ล้างทำความสะอาดซากไก่ และกลุ่มที่สามทำหน้าที่แยกเครื่องใน 6) พนักงานล้างทำความสะอาดมือด้วยน้ำสะอาดก่อนเริ่มปฏิบัติงานกับซากไก่ตัวถัดไป 7) เปลี่ยนน้ำในบ่อน้ำล้างซากไก่หลังถอนขนและเปลี่ยนน้ำล้างซากไก่หลังคักเครื่องใน 2 ครั้งต่อรอบการผลิต โดยเปลี่ยนน้ำในช่วงเวลาตอนกลางของรอบการผลิต 8) ทำความสะอาดบ่อน้ำลวก บ่อน้ำล้างซากไก่ ถึงพักไก่หลังเชือด เครื่องถอนขน มีดเชือดคอ มีดผ่าซาก ภาชนะที่ใช้รองรับซากหรืออวัยวะไก่ทุกชนิด และโต๊ะผ่าซาก ทั้งก่อนและหลังใช้งาน และ 9) ปรับเปลี่ยนระบบจ่ายน้ำ โดยวางท่อน้ำในระดับเพดานและต่อสายยางห้อยลงมาตรงจุดที่มีการใช้น้ำ หรือเปลี่ยนน้ำ แทนการลากสายยางไปมาเพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. ทำการเก็บตัวอย่างเหมือนก่อนการปรับปรุงอีก 4 ครั้ง และนำมาตรวจหาเชื้อ *Salmonella* spp.

วัดผลสัมฤทธิ์ของการปรับปรุงโรงฆ่าไก่ในการลดการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. ภายหลังการปรับปรุง โดยการวิเคราะห์ทางสถิติหาความแตกต่างของร้อยละการตรวจพบเชื้อ *Salmonella* spp. จากแต่ละจุดที่เก็บตัวอย่างก่อนและหลังปรับปรุงด้วยวิธี Chi's square

### ผลการศึกษาและวิจารณ์

หลังการปรับปรุงโรงฆ่าไก่ พบว่าโดยภาพรวมความชุกของการตรวจพบเชื้อ *Salmonella* spp. น้อยลง (Table 1) โดยการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. บนซากไก่หลังปนขนหลังการปรับปรุงฯ เท่ากับร้อยละ 15 ซึ่งลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ( $P<0.001$ ) เมื่อเทียบกับก่อนการปรับปรุงฯ (พบร้อยละ 58) และความชุกของการตรวจพบเชื้อ *Salmonella* spp. บนซากไก่สดพร้อมจำหน่ายหลังการปรับปรุงฯ เท่ากับร้อยละ 3 ซึ่งลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ( $P<0.001$ ) เมื่อเทียบกับก่อนการปรับปรุงฯ (พบร้อยละ 70) แสดงว่าการปรับปรุงโรงฆ่าไก่ช่วยลดโอกาสการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. บริเวณโซนสกปรกและโซนสะอาดของโรงฆ่าไก่ โดยในโซนสกปรกนั้นไม่พบการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ในทุกจุดที่เก็บตัวอย่างตรวจ ยกเว้นมีดเชือดคอหลังใช้งานและภาชนะพักไก่หลังเชือดหลังใช้งานที่พบการปนเปื้อนร้อยละ 50 (Table 1) ซึ่งแสดงว่าการทำความสะอาดอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ก่อนการใช้งานแต่ละครั้ง การเปลี่ยนระบบจ่ายน้ำ การฆ่าเชื้อมีดเชือดคอ และการเปลี่ยนน้ำล้างซากไก่ช่วยลดการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. บนซากไก่หลังถอนขนได้ ในขณะที่เดียวกับการปรับปรุงโรงฆ่าไก่ในโซนสะอาด ได้แก่ การฆ่าเชื้อมีดผ่าซาก การทำความสะอาดอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ก่อนการใช้งานแต่ละครั้ง การล้างมือของพนักงาน การเปลี่ยนระบบจ่ายน้ำ การเปลี่ยนน้ำล้างซากไก่หลังคักเครื่องใน และการปรับเปลี่ยนระบบการทำงานของพนักงานแผนกคักเครื่องใน ช่วยลดการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. บนซากไก่สดพร้อมจำหน่ายได้ โดยจะเห็นว่าตรวจไม่พบการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ในจุดที่เก็บตัวอย่างตรวจเลย (Table 1)

**Table 1** Contamination of *Salmonella* spp. in slaughtering processes before and after improvement of the slaughterhouse

| Sampling point                                                                         | Detection results of <i>Salmonella</i> spp. |                     |                   |                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
|                                                                                        | Before improvement                          |                     | After improvement |                     |
|                                                                                        | Number of sample                            | Positive sample (%) | Number of sample  | Positive sample (%) |
| <u>Pre-slaughtering process</u>                                                        |                                             |                     |                   |                     |
| Pen floor for live chickens                                                            | 4                                           | 4 (100)             | 4                 | 3 (75)              |
| Pen wall for live chickens                                                             | 4                                           | 2 (50)              | 4                 | <b>0 (0)</b>        |
| Body of individual live chicken                                                        | 40                                          | 22 (55)             | 40                | <b>9 (23)**</b>     |
| Cloacal swab                                                                           | 39                                          | 16 (41)             | 40                | 14 (35)             |
| <u>Slaughtering process</u>                                                            |                                             |                     |                   |                     |
| Hand of slaughterhouse staff                                                           | 4                                           | 1 (25)              | 4                 | 0 (0)               |
| Slaughtering knife (before use)                                                        | 4                                           | 1 (25)              | 4                 | 0 (0)               |
| Slaughtering knife (after use)                                                         | 4                                           | 2 (50)              | 4                 | 2 (50)              |
| Container for chickens after slaughtering (before use)                                 | 4                                           | 3 (75)              | 4                 | <b>0 (0)*</b>       |
| Container for chickens after slaughtering (after use)                                  | 4                                           | 4 (100)             | 4                 | <b>2 (50)</b>       |
| Scalding water (before use)                                                            | 4                                           | 0 (0)               | 4                 | 0 (0)               |
| Scalding water (after use)                                                             | 4                                           | 1 (25)              | 4                 | 0 (0)               |
| Plucking machine (before use)                                                          | 3                                           | 2 (67)              | 4                 | <b>0 (0)</b>        |
| Plucking machine (after use)                                                           | 3                                           | 2 (67)              | 4                 | <b>0 (0)</b>        |
| Washing water for chicken carcass (before use), the 1 <sup>st</sup> round              | 4                                           | 2 (50)              | 4                 | <b>0 (0)</b>        |
| Washing water for chicken carcass (after use), the 1 <sup>st</sup> round               | 4                                           | 3 (75)              | 4                 | <b>0 (0)*</b>       |
| Washing water for chicken carcass (before use), the 2 <sup>nd</sup> round <sup>a</sup> | ND                                          | ND                  | 3                 | 0 (0)               |
| Washing water for chicken carcass (after use), the 2 <sup>nd</sup> round <sup>a</sup>  | ND                                          | ND                  | 3                 | <b>0 (0)*</b>       |
| Chicken carcass after plucking (after washing)                                         | 40                                          | <b>23 (58)</b>      | 40                | <b>6 (15)***</b>    |
| Dissection knife (before use)                                                          | 4                                           | 1 (25)              | 4                 | 0 (0)               |
| Dissection knife (after use)                                                           | 4                                           | <b>2 (50)</b>       | 4                 | <b>0 (0)</b>        |
| Washing water after evisceration (before use), the 1 <sup>st</sup> round               | 4                                           | 0 (0)               | 4                 | 0 (0)               |
| Washing water after evisceration (after use), the 1 <sup>st</sup> round                | 4                                           | 4 (100)             | 4                 | <b>0 (0)***</b>     |
| Washing water after evisceration (before use), the 2 <sup>nd</sup> round <sup>a</sup>  | ND                                          | ND                  | 4                 | 0 (0)               |
| Washing water after evisceration (after use), the 2 <sup>nd</sup> round <sup>a</sup>   | ND                                          | ND                  | 4                 | <b>0 (0)***</b>     |
| Desk for carcass dressing (before use)                                                 | 4                                           | 1 (25)              | 4                 | 0 (0)               |
| Desk for carcass dressing (after use)                                                  | 4                                           | 4 (100)             | 4                 | <b>0 (0)***</b>     |
| <u>Post-slaughtering process</u>                                                       |                                             |                     |                   |                     |
| Fresh chicken carcass (ready for selling)                                              | 40                                          | <b>28 (70)</b>      | 40                | <b>1 (3)***</b>     |

\*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$ , \*\*\*  $P < 0.001$  Significant difference between before and after improvement for prevalence of *Salmonella* spp. at  $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$  and  $p < 0.001$ , respectively, trend of significant difference demonstrated as the bold and italic values (p-value range of 0.05 – 0.10)

<sup>a</sup> Compared the second round of slaughtering processes after the improvement with the first round of slaughtering processes before the improvement, ND = No data available

### สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการเก็บข้อมูลจากไก่ไข่ปลดระวางที่ส่งเข้าเชือดในโรงฆ่าไก่ขนาดเล็ก ซึ่งตั้งอยู่ในชุมชนเมือง เขตหลักสี่ โดยการปรับปรุงกระบวนการทำงานด้านสุขศาสตร์ (ไม่เน้นโครงสร้างหรือส่วนประกอบหลักของโรงฆ่าไก่) โดยอาศัยหลักสุขลักษณะในการปฏิบัติงาน สามารถลดปริมาณเชื้อ *Salmonella* spp. ที่มาจากสภาพแวดล้อมในโรงฆ่าไก่ (เครื่องมือ-อุปกรณ์ พนักงาน และตัวไก่มีชีวิต) และทางเดินอาหารของไก่ ร่วมกับการล้างซากไก่ด้วยน้ำช่วยลดการปนเปื้อนข้ามของเชื้อ *Salmonella* spp. บนซากไก่

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลงไปด้วยดีเพราะได้รับความช่วยเหลือจากเจ้าของสถานประกอบการที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดีและตั้งใจในการปรับปรุง และทางคณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่สนับสนุนทุนวิจัยแก่คณะผู้วิจัย (รหัสโครงการ RDG5520031)

### เอกสารอ้างอิง

- เพ็ญภา มัชฌมพงศ์. 2551. การลดความเสี่ยงของการปนเปื้อนเชื้อแซลโมเนลลาในโรงฆ่าสัตว์ปีก. สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์. กรุงเทพฯ. หน้า 9.
- Bruggeman, K. 2008. By the Numbers: Salmonella in Brief. [Online] Available: <http://foodsafety.news21.com/2011/risks/salmonella/what-is-salmonella.3/7/12>. [Access on 3 July 2012]
- Capita, R., M. A'lvarez-Astorga, C.Alonso-Calleja, B.Moreno and del Camino M.Garci'a-Ferna'ndez. 2003. Occurrence of Salmonellae in retail chicken carcasses and their products in Spain. Int. J. Food Microbiol. 81: 169-173.
- FAO/WHO. 2009. Proposed Draft Guidelines for Control of *Campylobacter* and *Salmonella* spp. In chicken meat (N08-2007). Joint FAO/WHO Food Standards Programme. Codex Committee on Food Hygiene. Forty - first Session. Coronado, United States of America, 16-20 November. [online] Available: [ftp://ftp.fao.org/codex/ccfh41/fh41\\_04e.pdf](ftp://ftp.fao.org/codex/ccfh41/fh41_04e.pdf). [Access on 3 July 2012]
- International Organization for Standardization (ISO). 2002. ISO 6579:2002. Microbiology of food and animal feeding stuff. Horizontal method for the detection of *Salmonella* spp.
- World health organization (WHO). 2012. *Salmonella*. [Online] Available: <http://www.who.int/topics/salmonella/en/>. [Access on 8 July 2012]

## การประเมินสถานที่ผลิตหม้าและคุณภาพผลิตภัณฑ์หม้าในจังหวัดชัยภูมิภายหลังการ ฝึกอบรม โดยใช้หลักเกณฑ์ GMP

### Evaluation of Mum Processing Plants and Its Product Quality at Chaiyaphum Province after Training Using GMP Standard

อพัชชา จินดาประเสริฐ<sup>1</sup>, ชุมพล นาครินทร์<sup>2</sup>, จูฑารัตน์ เศรษฐกุล<sup>3</sup> และอดิสร เสวตวิวัฒน์<sup>1</sup>  
Aphacha Jindaprasert<sup>1</sup>, Chumphon Nakrin<sup>2</sup>, Jutarat Sethakul<sup>3</sup>, and Adisorn Swetwiwathana<sup>1</sup>

<sup>1</sup>คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

<sup>2</sup>สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดชัยภูมิ ชัยภูมิ 36000

<sup>3</sup>คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

<sup>1</sup>Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

<sup>2</sup>Chaiyaphum Provincial Livestock Office, Chaiyaphum 36000

<sup>3</sup>Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

Corresponding author : kvaphach@kmitl.ac.th

#### บทคัดย่อ

การศึกษาการประเมินสถานที่ผลิตหม้าภายใต้ข้อกำหนด Good Manufacturing Practice (GMP) ของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ตามแบบประเมิน ดส.1 (50) ในหัวข้อการประเมิน 6 หมวดคือ 1) สถานที่ตั้งและอาคารผลิต 2) เครื่องมือ เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต 3) การควบคุมกระบวนการผลิต 4) การสุขาภิบาล 5) การบำรุงรักษาและการทำความสะอาด และ 6) บุคลากรและสุขลักษณะผู้ปฏิบัติงาน ภายหลังการฝึกอบรมให้ความรู้ด้านการผลิตหม้าให้มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค จาก 6 แหล่งผลิตในจังหวัดชัยภูมิ พบว่ามีสถานที่ผลิตที่ผ่านการประเมินทั้ง 6 หมวด เพิ่มขึ้นอีก 1 แหล่ง (รวมเป็น 2 แหล่งผลิต) คะแนนเฉลี่ยทุกหมวดการประเมินก่อนและหลังการอบรมไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $p>0.05$ ) แต่พบว่าหลังการอบรมมีคะแนนเพิ่มขึ้นในทุกหมวดการประเมิน เมื่อนำผลิตภัณฑ์หม้าทั้งก่อนและหลังการอบรมมาตรวจวิเคราะห์ค่าทางเคมีและแบคทีเรียก่อโรค พบว่ามีค่า  $a_w$  ความเป็นกรดต่าง และค่าร้อยละความเป็นกรดแลคติก ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $p>0.05$ ) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.944 – 0.970 4.42 – 5.10 และร้อยละ 0.812 – 1.606 ตามลำดับ การปนเปื้อนของ MPN *Escherichia coli* มีค่าเกินค่ามาตรฐานทั้งก่อนและหลังการอบรม และภายหลังการอบรมพบการปนเปื้อน *Salmonella* spp. จำนวน 2 แหล่งผลิต และพบ coagulase positive *Staphylococcus aureus* ปนเปื้อนจำนวน 4 แหล่งผลิต สำหรับ *Clostridium perfringens* type A ไม่พบการปนเปื้อนในตัวอย่างจาก 6 แหล่งผลิต ดังนั้นการปรับปรุงสถานที่ผลิตและผลิตภัณฑ์หม้าให้ได้มาตรฐาน ควรมีการอบรมและการส่งเสริมให้ผู้ประกอบการผลิตหม้าได้รับความรู้และความเข้าใจในกระบวนการผลิตตามหลัก GMP อย่างสม่ำเสมอ

คำสำคัญ: หม้า จีเอ็มพี คุณภาพผลิตภัณฑ์หม้า จุลินทรีย์ การประเมินสถานที่ผลิตหม้า

#### Abstract

The assessment of Mum production plants based on Good Manufacturing Practice (GMP) criteria of Thai Food and Drug Administration was studied using Thai GMP 6 categories criterion checklist included

1) location and production plant, 2) equipment, machines and production materials, 3) process control, 4) sanitation, 5) maintenance and cleaning of plant, and 6) personal hygiene. After introduce the GMP principle training program to the plant owners and staff of 6 voluntary of Mum processing plants in Chaiyaphum province, the results showed that only one plant passed the GMP evaluation that means total 2 plants passed all criterions of Thai GMP. There was no statistic different ( $p>0.05$ ) of scoring scale in each category under Thai GMP checklist, but the score of each category in the checklist revealed to raise up more than the score that each plant got before the training was done. The Mum samples were analyzed for chemical properties and pathogenic bacteria. For chemical properties of Mum, it was revealed that there were no statistic different ( $p>0.05$ ) of water activity ( $a_w$ ), pH, and percentage of acidity.  $a_w$  was ranged of 0.944 – 0.970, while pH was ranged of 4.42 – 5.10, and percentage of acidity was ranged of 0.815 – 1.606. The MPN of *Escherichia coli* was over standard limit in all Mum samples. For pathogenic bacteria detection from Mum samples, the results informed that *Salmonella* spp. was detected in the samples produced from 2 plants, and coagulase positive *Staphylococcus aureus* was detected in the samples from 4 producing plants but *Clostridium perfringens* type A was not detected in the samples produced in these 6 producing plants. Therefore, revolution for Mum processing plants and its product to get the standard level, the regular training and supporting should be provided to the plant owners to get insight and knowledge of the processing plant according to GMP principle.

**Key word:** Mum, GMP, quality of Mum product, microorganism, evaluation of Mum processing plants

## บทนำ

หม้า (Mum) เป็นผลิตภัณฑ์อาหารเนื้อหมักพื้นบ้านของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย ทำจากเนื้อวัวหรือเนื้อควาย ผสมกับและม้าม มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 146/2546) ได้ให้ความหมายของหม้าว่า หม้า หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากส่วนที่เป็นเนื้อของวัว ควาย หรือหมูเป็นส่วนประกอบหลัก ผสมกับตับและม้ามของสัตว์นั้น ๆ แล้วเติมเครื่องปรุง เช่น เกลือ ข้าวคั่ว ข้าวสุก กระเทียมบด นวดให้เข้ากัน บรรจุลงในไส้ กระเพาะปัสสาวะสัตว์ที่สะอาด หรือบรรจุในไส้อื่นที่บริโภคได้ แล้วผูกปลายหรือมัดเป็นท่อน ๆ ผึ่งไว้ในร่ม 2 วันถึง 3 วัน จนมีรสเปรี้ยว ได้มีการกำหนดคุณภาพความปลอดภัยทางจุลินทรีย์ของหม้าในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไว้ว่า *Salmonella* ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม *Staphylococcus aureus* ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม *Clostridium perfringens* ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม *Escherichia coli* โดยวิธี MPN (Most probable number) ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 100 โคลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ส่วนคุณภาพและความปลอดภัยทางด้านเคมีของผลิตภัณฑ์หม้าในด้านปริมาณโปรตีนต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 17 โดยน้ำหนัก และไขมัน ต้องไม่เกินร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก (สำหรับหม้าเนื้อ) และหม้าหมูต้องไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก รวมถึงความเป็นกรดต่างของผลิตภัณฑ์ที่กำหนดให้ไม่เกิน 4.6 จากงานวิจัยของธีรธร และคณะ (2555) ทำการศึกษาสุขลักษณะของแหล่งผลิตหม้าในจังหวัดชัยภูมิจำนวน 40 แหล่ง ภายใต้ Good Manufacturing Practice (GMP) ของไทย พบหัวข้อที่ไม่ผ่านการประเมินมากที่สุดได้แก่ สุขลักษณะส่วนบุคคล เนื่องจากผู้ปฏิบัติงานยังขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการผลิตที่ถูกสุขลักษณะและปลอดภัย ดังนั้นในการศึกษารั้งนี้ ได้จัดการฝึกอบรมให้ความรู้ผู้ประกอบการในด้านการผลิตหม้าให้

มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค จากนั้นทำการประเมินสุขลักษณะของสถานที่ผลิตภายหลังการเข้ารับการอบรม เปรียบเทียบกับก่อนการอบรม เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงสถานที่ผลิตต่อไป

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบสถานที่ผลิตหม้าโดยอาศัยหลักเกณฑ์ของ GMP ก่อนและหลังการฝึกอบรม
2. เพื่อตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและความปลอดภัยจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์หม้าจากโรงงานผลิตที่เข้ารับการอบรม GMP

### อุปกรณ์และวิธีการ

#### การประเมินสถานที่ผลิต

ทำการประเมินสถานที่ผลิตหม้าจำนวน 6 แห่งในจังหวัดชัยภูมิ ก่อนการอบรม โดยใช้เอกสารของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาตามแบบ ดส.1 (50) จากนั้นทำการฝึกอบรมให้ความรู้ผู้ประกอบการในด้านการผลิตหม้าให้มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ตั้งแต่การปรับปรุงสถานที่ผลิต กระบวนการผลิตให้ได้มาตรฐาน และการปฏิบัติตนให้ถูกสุขลักษณะ และภายหลังการฝึกอบรม 3 เดือน ทำการเปรียบเทียบผลการประเมินสถานที่ผลิต ก่อนและหลังการอบรม ตามแบบ ดส.1 (50) มีรายละเอียดหลักเกณฑ์การตัดสินใจในการให้คะแนน (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2550) 3 ระดับ คือ ดี ได้ 2 คะแนน (เป็นไปตามหลักเกณฑ์ตรวจประเมิน) พอใช้ ได้ 1 คะแนน (เป็นไปตามหลักเกณฑ์ แต่ยังพบข้อบกพร่องซึ่งยอมรับได้ เนื่องจากมีมาตรการป้องกันการปนเปื้อนในอาหารหรือข้อบกพร่องนั้นไม่มีผลต่อความปลอดภัยโดยตรงกับอาหารที่ผลิต) และ ปรับปรุง 0 คะแนน (ไม่เป็นไปตามหลักเกณฑ์) โดยมีวิธีการคิดคำนวณคะแนนในแต่ละหัวข้อ ดังนี้

คะแนนที่ได้ = น้ำหนักคะแนนในแต่ละข้อ x คะแนนประเมินที่ได้

ร้อยละของคะแนนที่ได้ในแต่ละหัวข้อ =  $\frac{\text{คะแนนที่ได้รวม} \times 100}{\text{คะแนนรวมเต็มในแต่ละหัวข้อ}}$

ร้อยละของคะแนนประเมินที่ได้ในแต่ละหัวข้อมีข้อกำหนดตามสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา การยอมรับผลการตรวจผ่านการประเมิน ต้องมีคะแนนที่ได้รวมแต่ละหัวข้อและคะแนนรวมทั้งหมดไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 และต้องไม่พบข้อบกพร่องที่รุนแรง

#### การเตรียมตัวอย่างหม้า

เก็บตัวอย่างหม้าจากสถานที่ผลิตจำนวน 6 แห่งในจังหวัดชัยภูมิ โดยสุ่มเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์หม้าที่เป็นแท่ง จำนวน 2 ชิ้นต่อสถานที่ผลิต ทั้งก่อนและหลังการฝึกอบรม ลงในถุงปลอดเชื้อและเก็บลงในกล่องโฟมที่บรรจุน้ำแข็ง นำตัวอย่างมาเก็บและทำการวิเคราะห์ภายในเวลาไม่เกิน 12 ชั่วโมง หลังจากการเก็บตัวอย่าง

#### การวิเคราะห์ทางเคมี

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์หม้า มาทำการตรวจวิเคราะห์หาค่า water activity ( $a_w$ ) ด้วยเครื่องวัด  $a_w$  ของ Aqua Lab วิเคราะห์ค่าความเป็นกรดต่าง และร้อยละความเป็นกรดแลคติก ตามวิธีการของ DMSc-ACFS (2003) และ Lotong and Swetwivathana (1990)

#### การวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์หม้าที่ได้จากสถานที่ผลิต บดผสมและสุ่มตัวอย่าง จำนวน 25 กรัม เติมน้ำละลาย บัพเฟอร์ 0.85% NaCl ตีผสมด้วยเครื่องตีปั่นผสมอาหาร เป็นเวลา 1 นาที ทำการเจือจางแบบ 10 fold dilution ให้

ได้ระดับความเจือจางที่ 1:10 1:100 และ 1:1,000 นำไปวิเคราะห์หาปริมาณ MPN ของเชื้อ *E. coli* และตรวจเชื้อ *Salmonella* spp. coagulase positive *Staph. aureus* และ *Cl. perfringens* type A ตามวิธีการของ DMSc-ACFS (2003)

#### การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เปรียบเทียบผลการประเมินสถานที่ผลิต ผลการวิเคราะห์ทางเคมีและจุลชีววิทยาในผลิตภัณฑ์หมักทั้งก่อนและหลังการอบรม เพื่อหาค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย โดยใช้โปรแกรม Statistics Package for the Social Sciences (SPSS)

### ผลการศึกษาและวิจารณ์

#### การประเมินสถานที่ผลิตหมัก

จากการประเมินสถานที่ผลิตหมักก่อนและหลังการอบรม ตามแบบ ตส.1 (50) พบว่าคะแนนการประเมินสถานที่ผลิตทั้ง 6 แห่ง ดังแสดงในตารางที่ 1 มีระดับคะแนนเพิ่มสูงขึ้นในทุกหมวดภายหลังจากการอบรม และคะแนนเฉลี่ยผลการประเมินก่อนและหลังการอบรมทุกหมวดไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $p>0.05$ ) แต่มีระดับคะแนนเฉลี่ย

ตารางที่ 1 ผลการประเมินแหล่งผลิตหมัก จากสถานที่ผลิต 6 แหล่งผลิต ก่อนและหลังการอบรม

| แหล่งผลิต | การอบรม | หัวข้อการประเมิน* |           |           |           |           |           | คะแนนเฉลี่ย |
|-----------|---------|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|
|           |         | หมวดที่ 1         | หมวดที่ 2 | หมวดที่ 3 | หมวดที่ 4 | หมวดที่ 5 | หมวดที่ 6 |             |
| 1         | ก่อน    | 51                | 38        | 49        | 38        | 38        | 38        | 42.0        |
|           | หลัง    | 74                | 72        | 71        | 42        | 75        | 59        | 65.5        |
| 2         | ก่อน    | 41                | 44        | 44        | 38        | 46        | 46        | 43.2        |
|           | หลัง    | 70                | 69        | 68        | 45        | 60        | 61        | 62.2        |
| 3         | ก่อน    | 28                | 56        | 44        | 35        | 46        | 40        | 41.5        |
|           | หลัง    | 93                | 88        | 81        | 92        | 92        | 81        | 87.8        |
| 4         | ก่อน    | 68                | 59        | 40        | 53        | 50        | 55        | 54.2        |
|           | หลัง    | 73                | 66        | 58        | 52        | 50        | 58        | 59.5        |
| 5         | ก่อน    | 46                | 44        | 49        | 42        | 50        | 46        | 46.2        |
|           | หลัง    | 80                | 75        | 71        | 42        | 58        | 59        | 64.2        |
| 6         | ก่อน    | 96                | 100       | 71        | 92        | 69        | 68        | 82.7        |
|           | หลัง    | 96                | 85        | 88        | 90        | 92        | 87        | 89.7        |
| คะแนน     | ก่อน    | 55.0              | 56.8      | 49.5      | 49.7      | 49.8      | 48.8      |             |
| เฉลี่ย    | หลัง    | 81.0              | 75.8      | 72.8      | 60.5      | 71.2      | 67.5      |             |

\*หัวข้อการประเมิน หมวดที่ 1 สถานที่ตั้งและอาคารผลิต หมวดที่ 2 เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต  
หมวดที่ 3 การควบคุมกระบวนการผลิต หมวดที่ 4 การสุขาภิบาล  
หมวดที่ 5 การบำรุงรักษาและการทำความสะอาด หมวดที่ 6 บุคลากรและสุขลักษณะผู้ปฏิบัติงาน

เพิ่มสูงขึ้นในทุกหมวดภายหลังการอบรม โดยก่อนการอบรมพบว่าสถานที่ผลิตหม้ามักมีคะแนนเฉลี่ยการประเมินในหัวข้อสถานที่ตั้งและอาคารผลิต (หมวดที่ 1) เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต (หมวดที่ 2) การควบคุมกระบวนการผลิต (หมวดที่ 3) การสุขาภิบาล (หมวดที่ 4) การบำรุงรักษาและการทำความสะอาด (หมวดที่ 5) และบุคลากรและสุขลักษณะผู้ปฏิบัติงาน (หมวดที่ 6) ร้อยละ 59.5 61.2 59.5 48.3 59.5 และ 54.2 ตามลำดับ และหลังการอบรมพบว่ามีความคะแนนการประเมินร้อยละ 76.5 71.5 62.8 61.8 66.0 และ 62.1 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คะแนนเฉลี่ยการประเมินร้อยละของช่วงก่อนการอบรมเปรียบเทียบกับช่วงหลังการอบรม

| หัวข้อการประเมิน                                    | คะแนนเฉลี่ยการประเมินร้อยละ* (ns) |             |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------|
|                                                     | ก่อนการอบรม                       | หลังการอบรม |
| 1. สถานที่ตั้งและอาคารผลิต                          | 59.5                              | 76.5        |
| 2. เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต | 61.2                              | 71.5        |
| 3. การควบคุมกระบวนการผลิต                           | 59.5                              | 62.8        |
| 4. การสุขาภิบาล                                     | 48.3                              | 61.8        |
| 5. การบำรุงรักษาและการทำความสะอาด                   | 59.5                              | 66.0        |
| 6. บุคลากรและสุขลักษณะผู้ปฏิบัติงาน                 | 54.2                              | 62.1        |

หมายเหตุ \*คะแนนการประเมินสถานที่ผลิตมาจาก 6 แหล่งการผลิตที่เข้ารับการอบรม

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ระหว่างก่อนและหลังการอบรม

เมื่อทำการวิเคราะห์แต่ละแหล่งผลิต พบว่ามีสถานที่ผลิตแหล่งที่ 6 เป็นสถานประกอบการผลิตหม้าม้าที่ได้รับการสนับสนุนจากทางสำนักงานปศุสัตว์จังหวัด จึงทำให้สถานที่ผลิตมีการควบคุมและกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์หม้าตามระบบ GMP ทำให้คะแนนการประเมินสถานที่ผลิตทั้งก่อนและหลังการอบรมผ่านเกณฑ์การประเมินสถานที่ผลิตที่ร้อยละ 60 และไม่มีมีความแตกต่างทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ส่วนสถานที่ผลิตหม้าอีกแห่งหนึ่ง (แหล่งที่ 3) ก่อนเข้ารับการอบรมไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินสถานที่ผลิตเนื่องจากผู้ประกอบการขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการปฏิบัติตามระบบ GMP และไม่เคยเข้าร่วมการอบรมเกี่ยวกับ GMP ภายหลังจากได้เข้าร่วมการอบรมจึงได้รับความรู้จากการอบรมในการตัดสินใจปรับปรุงสถานที่ผลิต โดยดำเนินการต่อเติมและปรับปรุงสถานที่ให้เหมาะสมกับการผลิต แยกห้องการผลิตออกเป็นสัดส่วน มีการติดตั้งอ่างล้างมือพร้อมน้ำยาล้างมือ การติดตั้งเครื่องจักรก็มีการวางติดตั้งให้อยู่ในตำแหน่งที่ทำความสะอาดได้ง่าย อีกทั้งยังเลือกอุปกรณ์และเครื่องจักรที่ได้มาตรฐาน มีการติดป้ายบ่งชี้เฉพาะถึงส่วนต่างๆ การควบคุมการผลิต รวมทั้งมีการอบรมพนักงานให้เข้าใจหลักการผลิตอาหาร และการปฏิบัติตนให้ถูกสุขลักษณะ มีการสวมถุงมือ มีการสวมหมวกตาข่าย และไม่สวมเครื่องประดับ ซึ่งภายหลังจากการปรับปรุงทำให้ได้รับการรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์หม้าของสำนักงานสาธารณสุขจังหวัด ส่วนแหล่งการผลิตที่เหลือ 4 แหล่งผลิต พบว่า แหล่งผลิตที่ 1 2 4 และ 5 มีข้อบกพร่องในหัวข้อการสุขาภิบาล คือไม่พบการติดตั้งอ่างล้างมือและอุปกรณ์ในการทำความสะอาดมือ แหล่งผลิตที่ 1 4 และ 5 ในหัวข้อบุคลากรและสุขลักษณะผู้ผลิต พบว่าผู้ปฏิบัติงานในการผลิตมีการแต่งกายที่ไม่เหมาะสม ไม่มีการสวมผ้ากันเปื้อนหรือหมวกคลุมผมและยังมีการปฏิบัติงานบางคนที่มีการสวมใส่เครื่องประดับ และหัวข้อการควบคุมกระบวนการผลิต (แหล่งที่ 4) ไม่สามารถข้อวัดคุณภาพเนื้อที่ได้มาตรฐาน และไม่มีตู้แช่เย็นในการเก็บวัตถุดิบให้เหมาะสมเพื่อลดการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ จากผลการประเมินแสดงให้เห็นว่าก่อนการอบรมสถานที่ผลิตที่มีคะแนนการประเมินไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน แต่เมื่อ

เข้าร่วมการอบรมพบว่าคะแนนหลังการประเมินเพิ่มขึ้น แต่ยังไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินในสถานที่ผลิตบางแห่งในหมวดที่ 4 การสุขาภิบาลอาจเนื่องมาจากการปฏิบัติงานไม่ได้นำความรู้ที่ได้จากการอบรมไปใช้ สอดคล้องกับงานวิจัยฉวีวรรณ (2551) ทำการตรวจประเมินสถานที่ผลิตอาหาร พบว่าหัวข้อที่ต้องปรับปรุงมากที่สุด คือ เรื่องบุคลากร รองลงมา คือ กระบวนการผลิตและสุขาภิบาล เช่นเดียวกับรายงานของเทพนิมิต (2551) ซึ่งพบว่าการปรับปรุงสถานที่ผลิตอาหารในโรงงานลูกชิ้นที่ประสบความสำเร็จ ต้องอบรมพนักงาน ปรับปรุงโครงสร้างสถานประกอบการ และพัฒนาระบบเอกสารหลังดำเนินการ เมื่อได้รับการอบรมส่งผลให้คะแนนการตรวจประเมิน GMP เพิ่มขึ้น รวมทั้งหากต้องการให้การปรับปรุงสถานที่ผลิตประสบความสำเร็จนั้น ขึ้นอยู่กับความมุ่งมั่น การตรวจติดตาม และการปรับปรุงระบบอย่างต่อเนื่องของคณะผู้บริหาร (อัจฉรา, 2550)

#### การวิเคราะห์คุณภาพเคมีและความปลอดภัยทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์หม้า

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์หม้า พบว่าค่าความเป็นกรดต่างผลิตภัณฑ์ก่อนการอบรมมีค่าในช่วง 4.42 – 5.10 และภายหลังการอบรมมีค่าความเป็นกรดต่างในช่วง 4.53 – 5.02 ค่าร้อยละความเป็นกรดแลคติกก่อนและหลังการอบรม พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ค่าร้อยละความเป็นกรดแลคติกก่อนการอบรมอยู่ที่ร้อยละ 0.815 – 1.606 และภายหลังการอบรมมีค่าร้อยละ 0.812 – 1.515 ส่วนค่า  $a_w$  ของผลิตภัณฑ์หม้าก่อนและหลังการอบรม พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ก่อนการอบรมอยู่ที่ 0.946 – 0.976 และภายหลังการอบรมมีค่าอยู่ที่ 0.944 – 0.975 การศึกษาการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์หม้าภายหลังการอบรมเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึกอบรม ดังตารางที่ 3 พบว่าปริมาณ MPN ของเชื้อ *E. coli* ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ระหว่างก่อนและหลังการอบรม แต่มีค่าเกินค่ามาตรฐานทั้ง 6 แหล่งการผลิต การปนเปื้อน *Salmonella* spp. พบการปนเปื้อนจำนวน 2 แหล่งผลิตภายหลังการฝึกอบรม ปริมาณ coagulase positive *Staph. aureus* พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $p>0.05$ ) โดยพบว่ามีการปนเปื้อนจำนวน 4 แหล่งการผลิตภายหลังการอบรม และไม่พบการปนเปื้อนของ *Cl. perfringens* type A ภายหลังการอบรม และยังพบว่าผลิตภัณฑ์หม้าที่มีค่าความเป็นกรดต่ำกว่า 4.6 มีการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. *Staph. aureus* และ *Cl. perfringens* น้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความเป็นกรดสูงกว่า 4.6 ซึ่งแสดงว่าผลิตภัณฑ์หม้าที่ทำการศึกษามีความเสี่ยงในการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียก่อโรค

ตารางที่ 3 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่พบในผลิตภัณฑ์หม้าจากแหล่งผลิตก่อนและภายหลังการอบรม

| รายการประเมิน                                 | ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ * (ns) |                                       |             |                                       |
|-----------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|-------------|---------------------------------------|
|                                               | ก่อนการอบรม                        |                                       | หลังการอบรม |                                       |
|                                               | ปริมาณเชื้อ                        | จำนวนสถานที่<br>ไม่ผ่านการ<br>ประเมิน | ปริมาณเชื้อ | จำนวนสถานที่<br>ไม่ผ่านการ<br>ประเมิน |
| MPN <i>E. coli</i> /g                         | 6.2 – 490                          | 6                                     | 6.2 - 290   | 6                                     |
| <i>Salmonella</i> 25g                         | พบ                                 | 1                                     | พบ          | 2                                     |
| <i>Staphylococcus aureus</i> (log cfu/ 0.1 g) | 2.96 – 4.34                        | 2                                     | 1.08 – 2.75 | 4                                     |
| <i>Clostridium perfringens</i> / 0.1 g        | พบ                                 | 1                                     | ไม่พบ       | 0                                     |

หมายเหตุ \*ผลการวิเคราะห์ได้มาจาก 6 แหล่งการผลิตที่เข้ารับการอบรม

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ระหว่างก่อนและหลังการอบรม

### สรุปและข้อเสนอแนะ

การประเมินสถานที่ผลิตภายหลังการอบรม จากแหล่งผลิตหม้า 6 แหล่งผลิต ผลคะแนนการประเมินก่อนการอบรมเปรียบเทียบกับหลังการอบรม พบว่าก่อนการอบรมมีสถานที่ผลิตเพียง 1 แหล่งที่ผ่านการประเมินทั้ง 6 หมวด และหลังการอบรมพบผ่านการประเมินทั้ง 6 หมวด 2 แหล่งผลิต โดยคะแนนเฉลี่ยทุกหมวดการประเมินไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $p>0.05$ ) แต่พบว่าคะแนนการประเมินทุกหมวดหลังการอบรมมีคะแนนเพิ่มขึ้น หัวข้อประเมินแหล่งผลิตที่ไม่ผ่านเกณฑ์มากที่สุดได้แก่ การสุขาภิบาล และบุคลากรและสุขลักษณะส่วนบุคคล เมื่อเปรียบเทียบค่า  $a_w$  ความเป็นกรดต่าง และค่าร้อยละความเป็นกรดของผลิตภัณฑ์หม้า พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $p>0.05$ ) การศึกษาการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์หม้าภายหลังการอบรม เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึกอบรม พบว่าปริมาณ MPN ของเชื้อ *E. coli* ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $p>0.05$ ) แต่มีค่าเกินค่ามาตรฐานทั้ง 6 แหล่งผลิต พบการปนเปื้อน *Salmonella* spp. จำนวน 2 แหล่งผลิตภายหลังการอบรม ปริมาณ coagulase positive *Staph. aureus* พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $p>0.05$ ) โดยพบว่ามีการปนเปื้อนจำนวน 4 แหล่งการผลิต และไม่พบการปนเปื้อนของ *Cl. perfringens* type A ภายหลังการอบรม ดังนั้นการปรับปรุงสถานที่ผลิตและผลิตภัณฑ์หม้าให้ได้มาตรฐาน ควรมีการอบรมและการส่งเสริมให้ผู้ประกอบการผลิตหม้าได้รับความรู้และความเข้าใจในกระบวนการผลิตตามหลัก GMP อย่างสม่ำเสมอ ประกอบกับผู้ประกอบการผลิตหม้ามีความใส่ใจและความมุ่งมั่นในการปรับปรุงสถานที่ผลิตให้เป็นแหล่งผลิตที่ถูกสุขลักษณะ จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์หม้าที่มีคุณภาพและความปลอดภัยในการบริโภค

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัย และสำนักงานปศุสัตว์จังหวัดชัยภูมิที่ได้อำนวยความสะดวกในการลงพื้นที่ และการจัดฝึกอบรมให้แก่กลุ่มผู้ประกอบการหม้า

### เอกสารอ้างอิง

- ฉวีวรรณ ภูชนะศรี. 2551. ความพร้อมของสถานที่ผลิตอาหารนอกเหนือ 54 ประเภทในการปฏิบัติตาม GMP กฎหมายไทย ในเขตกรุงเทพมหานคร. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสุขาภิบาลอาหาร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- เทพนิมิต สิทธิศักดิ์. 2551. การปรับปรุงกระบวนการผลิตอาหารในโรงงานลูกชิ้น โดยใช้เทคนิคเทคโนโลยีสะอาด และหลักการ GMP. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- ธีรธร ลิ้มสมบูรณ์ ชุมพล นาครินทร์ กิตติชัย บรรจง อพัชชา จินดาประเสริฐ และอดิศร เสวตวิวัฒน์. 2555. สถานภาพสุขลักษณะของโรงงานผลิตหม้าในจังหวัดชัยภูมิประเมินภายใต้ GMP ของไทย. การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 50. 31 มกราคม – 3 กุมภาพันธ์ 2555. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ. หน้า 157-166.
- มผช. 146/2546. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน หม้า. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.
- สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2550. คู่มือการตรวจประเมินสถานที่ผลิตตามหลักเกณฑ์ GMP สุขลักษณะทั่วไป. ฉบับปรับปรุง 2. สำนักอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา.

- อัจฉรา จงทัชฉินวัตร. 2550. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของการปฏิบัติตามมาตรฐานระบบการจัดการ และควบคุมการผลิตอาหารให้ปลอดภัย ของสถานประกอบการอาหารที่ได้รับการรับรองจากสถาบันรับรองมาตรฐานไอเอสโอ (สรอ.). วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการจัดการอุตสาหกรรม. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- DMSc-ACFS. 2003. Compendium of Methods for Food Analysis. 1st Edition. Department of Medical Sciences (DMSc) and National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards (ACFS).
- Lotong, N., and A. Swetwiwathana 1990. Microbial Quality and Safety of the Traditional Fermented Pork : Production of *Salmonella*-free Naem Using Starter Cultures. ASEAN-THAILAND Food Technology Research and Development Project 1985-1990. Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University, Bangkok. September 1990.

ผลของเกลือของกรดอินทรีย์และสารลอริกอาร์จินีนต่อการยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli*  
Effect of Organic Acid Salts and Lauric Arginate on Inhibition of *Escherichia coli*

สุชาติ สุขสถิตย์<sup>1</sup> และผุสดี ตั้งวัชรินทร์<sup>2,\*</sup>

Suchart Suksathit<sup>1</sup> and Pussadee Tangwatcharin<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง อ.ป่าพะยอม จ.พัทลุง 93110

<sup>2</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
กรุงเทพมหานคร 10520

<sup>1</sup>Faculty of Technology and Community Development, Thaksin University Phatthalung Campus,  
Paphayom District, Phatthalung 93110

<sup>2</sup>Department of Animal Production Technology and Fisheries, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of  
Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520

\*Corresponding author: putang3009@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบผลของโซเดียมไดอะซิเตท โซเดียมซิเตรท โซเดียมแลกเตท และลอริกอาร์จินีนต่อการยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli* ที่แยกได้จากเนื้อสุกร โดยทำการทดสอบฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย วิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งและทำลายแบคทีเรีย (minimum inhibitory concentration, MIC และ minimum bactericidal concentration, MBC ตามลำดับ) พบว่าโซเดียมไดอะซิเตท และลอริกอาร์จินีน มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *E. coli* ได้ที่ความเข้มข้น > 3.90 mg/disc และ > 8.00 µg/disc ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับค่า MIC ของสารทั้ง 2 ชนิด ที่มีค่าเท่ากับ 7.81 mg/ml และ 16.00 µg/ml ตามลำดับ ค่า MIC90 เท่ากับ 31.25 mg/ml และ 16.00 µg/ml ตามลำดับ และค่า MBC เท่ากับ 62.50 mg/ml และ 32.00 µg/ml ตามลำดับ ในขณะที่โซเดียมซิเตรท และโซเดียมแลกเตทไม่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียชนิดนี้ ดังนั้นการใช้โซเดียมไดอะซิเตท และลอริกอาร์จินีนมีฤทธิ์ทำลายแบคทีเรีย

คำสำคัญ: เกลือของกรดอินทรีย์ สารลอริกอาร์จินีน สารต้านจุลชีพ *Escherichia coli*

Abstract

The objective of this study was to investigate the actions of sodium diacetate, sodium citrate, sodium lactate, and lauric arginate on *Escherichia coli* which were isolated from pork, by determination of susceptibility test, minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum bactericidal concentration (MBC). The results shown that sodium diacetate and lauric arginate at > 3.90 mg/disc and > 8.00 µg/disc, respectively, exhibited ability of inhibition of *E. coli*. Similarly, MIC of both organic acid salts were 7.81 mg/ml and 16.00 µg/ml, respectively and those MIC90 were 31.25 mg/ml and 16.00 µg/ml, respectively. MBC of antimicrobials were 62.50 mg/ml and 32.00 µg/ml, respectively. In contrast, sodium citrate and sodium lactate were not inhibit this bacteria. Thus, sodium diacetate and lauric arginate exhibited a bactericidal effect.

**Keywords:** salts of organic acid, lauric arginate, antimicrobial agent, *Escherichia coli*

## บทนำ

อุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ในปัจจุบันนิยมใช้สารละลายคลอรีนเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อสัตว์ แต่สารดังกล่าวจะออกซิไดซ์กับสารอินทรีย์และเปลี่ยนเป็นไตรฮาโลมีเทน (trihalomethanes) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง (carcinogenic) ทั้งนี้ปริมาณคลอรีนที่อนุญาตให้ใช้ห้ามเกิน 50 พีพีเอ็ม แต่สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้เพียง 1 log cycle เท่านั้น (คมแข, 2540) ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคจึงควรใช้สารที่ผลิตจากธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพลดการปนเปื้อนแบคทีเรียก่อโรคและไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค ทั้งนี้โซเดียมแล็กเตท โซเดียมไดอะซิเตท และโซเดียมซิเตรทมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านจุลินทรีย์และด้านการเกิดออกซิเดชัน (Sallam, 2007; Mbandi and Shelef, 2001) มีการรายงานการใช้เกลือของกรดอินทรีย์เพื่อยับยั้งจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษาในเนื้อสัตว์ โดยการใช้โซเดียมแล็กเตทสามารถควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ ความชื้น และความคงตัวของสีของเนื้อสุกรสด ทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อสุกรสดได้นานเพิ่มขึ้น (Tan and Shelef, 2002) และยิ่งไปกว่านั้นการใช้สารละลายโซเดียมซิเตรทความเข้มข้น 0.2-0.4% (w/v) สามารถลดปริมาณเชื้อ *Escherichia coli* และ *L. monocytogenes* ได้ (Blaszyk and Holley, 1998) นอกจากนี้ ปัจจุบันยังพบว่า สารลوريอาร์จินีนเป็นอนุพันธ์ของกรดลوريและอาร์จินีน มีคุณสมบัติต้านจุลชีพแบบกว้าง และได้รับการรับรองความปลอดภัยเพื่อใช้เป็นวัตถุเจือปนในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์โดย USDA-FSIS (2008) ทั้งนี้ได้มีรายงานว่าการใช้สารลوريอาร์จินีนสามารถยืดอายุการเก็บรักษาแฮมที่อุณหภูมิ 4 °C ได้นานถึง 12 วัน (Stopforth *et al.*, 2010)

## วัตถุประสงค์

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบผลของโซเดียมไดอะซิเตท โซเดียมซิเตรท โซเดียมแล็กเตท และลوريอาร์จินีนต่อการยับยั้งเชื้อ *E. coli*

## อุปกรณ์และวิธีการ

### การเตรียมแบคทีเรีย

แบคทีเรียที่ใช้ทดสอบ คือ เชื้อ *E. coli* ที่แยกได้จากเนื้อสุกรในโรงฆ่าสุกรแห่งหนึ่งในภาคใต้ของประเทศไทย ตามวิธีของ BAM online (2002) และทำการจัดเก็บ stock culture ไว้ที่อุณหภูมิ -20 °C เมื่อต้องการทำการทดลอง นำ stock culture มาละลายน้ำแข็ง และทำการเจริญเติบโตบน Mueller Hinton agar (MHA) (Merck, Germany) บ่มที่อุณหภูมิ 35±2 °C เป็นเวลา 22-24 ชั่วโมง เพื่อให้เชื้ออยู่ในสภาวะ late log phase (non-stressed cells) ตามวิธีของ Tangwatcharin *et al.* (2006) เชื้อแบคทีเรีย 2-3 โคโลนี มาใส่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.85% ปรับให้มีความขุ่นเท่ากับ 0.5 McFarland (ประมาณ 10<sup>8</sup> cfu/ml) จากนั้นทำการเจือจางเพื่อใช้ในการศึกษาต่าง ๆ ที่ระดับความเข้มข้นสุดท้ายในช่วง 4 - 6 x 10<sup>5</sup> cfu/ml

### ชนิดของสารต้านแบคทีเรีย

ทำการจัดซื้อโซเดียมไดอะซิเตท โซเดียมซิเตรท และโซเดียมแล็กเตท ชนิด food grade จาก Purac Inc. (Thailand) Hawkins Inc. (Minneapolis) และสารลوريอาร์จินีนจาก A&B Ingredients (Fairfield, NJ, USA) จากนั้นนำเกลือของกรดอินทรีย์ทั้งสามชนิดและสารลوريอาร์จินีนเจือจางด้วยน้ำปลอดเชื้อ และนำสารแต่ละชนิดมาผ่านการทำให้ปลอดเชื้อด้วยการกรองผ่าน membrane filter ขนาดรู 0.22 µm เพื่อใช้ในการศึกษาต่าง ๆ

### การทดสอบผลการยับยั้งแบคทีเรีย

ทำการทดสอบผลการยับยั้งแบคทีเรียของโซเดียมไดอะซิเตท โซเดียมซิเตรท โซเดียมแลกเตท และสารลอริกอาร์จินเนท ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ด้วยวิธี diffusion agar ตามวิธีของ Bauer *et al.* (1966) ทั้งนี้ทำการวางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) โดยสารแต่ละชนิดมีความเข้มข้นสารละ 11 ระดับ ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ รวม 33 ตัวอย่าง/ชนิดของสาร รวมทั้งสิ้น 132 ตัวอย่าง ทั้งนี้ทำการเตรียมสารต้านแบคทีเรียด้วยการนำโซเดียมไดอะซิเตท โซเดียมซิเตรท โซเดียมแลกเตท และสารลอริกอาร์จินเนท มาทำการเจือจางด้วยน้ำปลอดเชื้อ และทำการเจือจางแบบลำดับสอง (two fold serial dilution) จำนวน 10 ระดับ แล้วหยดสารแต่ละชนิดลงบนแผ่น disc (กระดาษกรองเบอร์ 1, Whatman, Maidstone, UK) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ให้มีความเข้มข้นสุดท้ายในช่วง 0.12-62.50 mg/disc 0.12-62.50 mg/disc 0.01-8.40% (v/disc) และ 0.25-128.00 µg/disc ตามลำดับ โดยความเข้มข้น 0 µg/ml ของสารแต่ละชนิดเป็นชุดควบคุม (negative control) คือ น้ำปลอดเชื้อ จากนั้นใช้ไม้พันสำลีปลอดเชื้อจุ่มสารละลายแบคทีเรียที่เตรียมไว้มาป้ายให้ทั่วผิวหน้าวุ้นอาหาร (MHA) วาง disc ที่หยดสารสกัดและชุดควบคุม แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ  $35\pm 2^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 18 ชั่วโมง และทำการวัดขนาดวงใส (inhibition zone) ด้วย vernier caliper ทำการบันทึกค่า inhibition zone เป็นมิลลิเมตร

### การวิเคราะห์หาระดับความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดที่สามารถยับยั้งและทำลายแบคทีเรีย

ทำการศึกษาวิเคราะห์หาระดับความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดที่สามารถยับยั้งและทำลายแบคทีเรีย (minimal inhibition concentration, MIC และ minimal bactericidal concentration, MBC ตามลำดับ) ของเกลือของกรดอินทรีย์ และลอริกอาร์จินเนทด้วยวิธี broth microdilution method ตามวิธีของ CLSI M7-A4 (2002) ทั้งนี้ทำการวางแผนการทดลองแบบ CRD โดยสารแต่ละชนิดมีความเข้มข้นสารละ 11 ระดับ มีชนิดสารและความเข้มข้นสุดท้ายใน microplate เช่นเดียวกันกับวิธี diffusion agar ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ รวม 33 ตัวอย่าง/ชนิดของสาร รวมทั้งสิ้น 132 ตัวอย่าง และใส่เชื้อ *E. coli* เตรียมไว้ นอกจากนี้ทำการเตรียมกลุ่มควบคุมตัวอย่างละ 4 แบบ ดังนี้ 1) growth control คือ อาหารเลี้ยงเชื้อ MHB + แบคทีเรีย 2) negative control คือ ตัวทำลาย + อาหารเลี้ยงเชื้อ MHB + แบคทีเรีย 3) sterile control คือ ใส่เฉพาะอาหารเลี้ยงเชื้อ และ 4) positive control คือ ยาปฏิชีวนะ Ciprofloxacin (Sigma, France) เช่นเดียวกับสารยับยั้งแบคทีเรีย ให้มีความเข้มข้น 0.5 - 250 µg/ml + อาหารเลี้ยงเชื้อ MHB + แบคทีเรีย แล้วนำ microplate ไปบ่มที่อุณหภูมิ  $35\pm 2^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 18 ชั่วโมง แล้วทำการวัดความขุ่นด้วยเครื่อง UVM 340 microplate reader ที่ความยาวคลื่น 600 nm โดยความสามารถในการวัดความขุ่นต่ำสุดคือ  $< 0.05$  NTU จากนั้นทำการหาค่า MBC โดยนำสารละลายในหลุมของ microplate ที่ใส่มากปริมาตร 10 µl เพาะเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ MHA และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ  $35\pm 2^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง แล้วทำการบันทึกค่า MIC90 และ MBC ที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถทำลายแบคทีเรียได้ไม่น้อยกว่า 90.00% และ 99.99% ของจำนวนแบคทีเรียเริ่มต้น ตามลำดับ

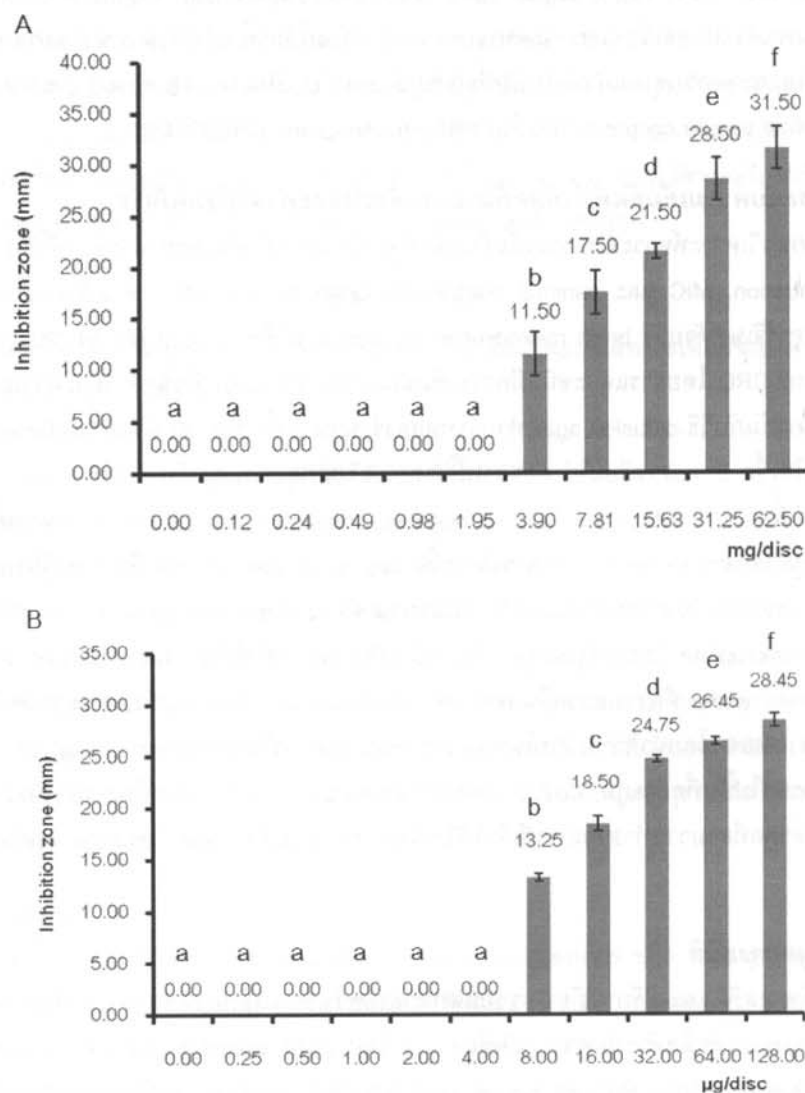
### การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ทางสถิติและเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางของ inhibition zone ของสารแต่ละชนิดที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ โดย GLM procedure และการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's New Multiple Range Test ตามลำดับที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SAS (Statistical Analysis System Institute, 1998)

## ผลการศึกษาและวิจารณ์

### การทดสอบฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย

จากการศึกษาความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *E. coli* ด้วยสารละลายโซเดียมไดอะซิเตท โซเดียมซิเตรท โซเดียมแลกเตท และลอริกอาร์จินเนท จำนวน 10 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 0.12-62.50 mg/disc 0.12-62.50 mg/disc 0.01-8.40%(v/disc) และ 0.25-128.00 µg/disc ตามลำดับ ด้วยวิธี diffusion agar พบว่า สารละลายโซเดียมไดอะซิเตท และลอริกอาร์จินเนท มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *E. coli* ได้ที่ความเข้มข้น  $\geq 3.90$  mg/disc และ  $\geq 8.00$  µg/disc ตามลำดับ โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางของ inhibition zone เท่ากับ  $11.50 \pm 2.12$  และ  $13.25 \pm 0.35$  mm ตามลำดับ (Figure 1) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากโซเดียมไดอะซิเตท มีสมบัติเป็นกรดอ่อน การใช้โซเดียมไดอะซิเตท ที่ความเข้มข้นดังกล่าว มีค่า pH อยู่ในช่วง 5.24-5.60 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ที่



**Figure 1** Antimicrobial activity (inhibition zone) of sodium diacetate (A) and lauric arginate (B) against *E. coli*

<sup>a-f</sup> Different letters within each solution indicate that values are significantly different ( $p \leq 0.05$ )

พบว่า โซเดียมไดอะซิเตทความเข้มข้น 39.76-49.70 mg/ml มีค่า pH อยู่ในช่วง 5.25-5.60 (Shelef and Addala, 1994) โดยกรดอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบของสารจะไปรบกวนกระบวนการเมตาบอลิซึมของแบคทีเรียโดยทำให้เกิดความเป็นกรดภายในช่องว่างระหว่างเซลล์ (Stekelenburg, 2003) อีกทั้งเมื่อสารผ่านเข้าสู่เซลล์ของแบคทีเรียจะแตกตัวให้ประจุบวกซึ่งจะทำให้ความเป็นกรดภายในเซลล์สูงขึ้น แบคทีเรียจึงพยายามที่จะขับกรดที่จะแตกตัวนี้ออก ซึ่งการขับกรดออกจะขับออกได้เฉพาะประจุบวก ในขณะที่ประจุลบจะมีการขับออกได้น้อยมาก ทำให้มีการสะสมอยู่ในเซลล์มีผลต่อการยับยั้งการสังเคราะห์สารต่าง ๆ ภายในเซลล์ เช่น อาร์เอ็นเอ ดีเอ็นเอ โปรตีน รวมทั้งการขนส่งสารต่าง ๆ ภายในเซลล์ ทำให้เซลล์ตายลง (Baird-Parker, 1980) นอกจากนี้ ในการศึกษาครั้งนี้ยังพบว่าความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางของ inhibition zone ของสารละลายโซเดียมไดอะซิเตท และลอริกอาร์จินเนทจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น ( $p \leq 0.05$ ) ในขณะที่ โซเดียมซิเตรท และโซเดียมแลกเตทไม่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียชนิดนี้

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณแผ่นดินจากมหาวิทยาลัยทักษิณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555

### เอกสารอ้างอิง

- คมแห พิลาสสมบัติ. 2540. การลดปริมาณการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์บนผิวซากสุกรที่ผ่านกระบวนการฆ่ามาตรฐานและไม่มีมาตรฐานโดยใช้สารละลายกรดแลคติกและคลอรีน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- Bacteriological Analytical Manual (BAM) 30 Jul. 2010. *Escherichia coli*. U.S. Food and Drug Administration [Online] Available: <http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManual/BAM/UCM064948>.
- Baird-Parker, A. C. 1980. "Organic acids" In. J.H. Silliker, R.P. Elliot and A.C. Baird-Parker, (Eds.), Microbial Ecology of Food: Factors Affecting Life and Death of Microorganisms, Vol. 1. (pp. 129-135). London: Academic Press.
- Bauer, A.W., W.M.M. Kirby, J.C. Sherris and M. Turck. 1966. Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. American J. Clinical Pathology. 45: 493-496.
- Blaszyk, M. and R.A. Holley. 1998. Interaction of monolaurin, eugenol and sodium citrate on growth of common meat spoilage and pathogenic organisms. Inter. J. Food Microbiol. 39: 175-183.
- CLSI. (2002). Reference method for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically. Approved standard M7-A4. Wayne Pa: Clinical Laboratory Standards Institute.
- Mbandi, E. and L.A. Shelef. 2001. Enhanced inhibition of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* Enteritidis in meat by combinations of sodium lactate and diacetate. Journal Food Protection. 64: 640-644.
- Sallam, K.I. 2007. Antimicrobial and antioxidant effects of sodium acetate, sodium lactate and sodium citrate in refrigerated sliced salmon. Food Control. 18: 566-575.
- SAS software. 1998. Statistical Analysis Systems Institute Inc. USA.

- Shelef, L.A. and L. Addala. 1994. Inhibition of *Listeria monocytogenes* and other bacteria by sodium diacetate. J. Food Safety. 14: 103-115.
- Stekelenburg, F.K. 2003. Enhanced inhibition of *Listeria monocytogenes* in Frankfurter sausage by the addition of potassium lactate and sodium diacetate mixtures. Int. J. Food Microbiol. 20: 133-137.
- Stopforth, J.D., D. Visser, R.Z. umbrink, L. van Dijk and E.W. Bontenbal. 2010. Control of *Listeria monocytogenes* on cooked cured ham by formulation with a lactate-diacetate blend and surface treatment with lauric arginate. J. Food Protect. 73: 552-555.
- Tan, W. and L.A. Shelef. 2002. Effects of sodium chloride and lactates and chemical and microbiological changes in refrigerated and frozen fresh ground pork. Meat. Sci. 62: 27-32.
- Tangwatcharin, P., S. Chanthachum, P. Khopaibool and M.W. Griffiths. 2006. Morphological and physiological responses of *Campylobacter jejuni* to stress. J. Food Protect. 69: 2747-2753.
- USDA-FSIS. 2008. Safe and suitable ingredients used in the production of meat and poultry products. U.S. Department of Agriculture, Food Safety and Inspection Service. [online] Available: <http://www.fsis.usda.gov/OPPDE/rdad/FSISDirectives/7120.1Amend14.pdf> [สืบค้นวันที่ 20 เมษายน 2008]

## ผลของสารแบคทีริโอซินและกรดแลกติกต่อการยับยั้งเชื้อ *Salmonella Typhimurium* Effect of Bacteriocin and Lactic Acid on Inhibition of *Salmonella Typhimurium*

คมแข พิลาสมบัติ\* และ พุสดี ตั้งวัชรินทร์

Komkhae Pilasombut\* and Pussadee Tangwatcharin

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
กรุงเทพมหานคร 10520

Department of Animal Production Technology and Fisheries, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of  
Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520, Thailand

\*Corresponding author: komkhae@yahoo.com

### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการทดลองผลการใช้สารแบคทีริโอซินที่ผลิตจากเชื้อ *Lactobacillus salivarius* K4 ร่วมกับกรดแลกติกในการลดเชื้อ *Salmonella Typhimurium* แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง โดยการทดลองที่ 1 ทำการศึกษาผลของสารละลายกรดแลกติก ที่ค่า pH 4.5 5.0 5.5 และ 6.0 ต่อการลดลงของ *S. Typhimurium* การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของแบคทีริโอซินความเข้มข้น 2% (v/v) ร่วมกับกรดแลกติกต่อการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิดนี้ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว trypticase soy broth ที่ค่า pH 4.5 5.0 5.5 และ 6.0 จากผลการทดลองพบว่ากลุ่มที่เติมแบคทีริโอซินความเข้มข้น 2% (v/v) ร่วมกับสารละลายกรดแลกติกที่ปรับให้มีค่า pH 4.5 สามารถทำลายแบคทีเรียชนิดนี้ได้อย่างสมบูรณ์เมื่อทำการบ่มเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในขณะที่ การใช้กรดแลกติก เพียงอย่างเดียวที่ค่า pH 4.5 สามารถทำลายเชื้อ *S. Typhimurium* ลงได้ 2.21 log cfu/g ดังนั้น จึงมีความเป็นไปได้ในการนำสารแบคทีริโอซินที่ผลิตจากเชื้อ *Lb. salivarius* K4 ร่วมกับกรดแลกติกประยุกต์ใช้อุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ต่อไป

**คำสำคัญ:** แบคทีริโอซิน กรดแลกติก *Salmonella Typhimurium*

### Abstract

The objective of this study was to investigate the effect of bacteriocin produced by *Lactobacillus salivarius* K4 and lactic acid on inhibition of *Salmonella Typhimurium*. The research was divided into 2 experiments. The first experiment was using a solution of lactic acid having pH 4.5, 5.0, 5.5, and 6.0 to reduce *Salmonella Typhimurium*. The second one was to study the combined effect of lactic acid solution and 2% (v/v) of bacteriocin on the reduction of *Salmonella Typhimurium* in trypticase soy broth having pH 4.5, 5.0, 5.5, and 6.0. The results found that the combination of 2% bacteriocin and lactic acid solution adjusted to pH 4.5 completely destroyed *S. Typhimurium* at 24 hr incubation. However, only lactic acid at the same pH reduce *S. Typhimurium*, 2.21 log CFU/g. Therefore, a potential of using the combination of *Lb. salivarius* K4 and lactic acid could be applied for meat industry in the future.

**Keywords:** bacteriocins, lactic acid acid, *Salmonella Typhimurium*

## บทนำ

ในปัจจุบันผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความสนใจกับสุขภาพและการกินมากขึ้น โดยมักจะบริโภคเนื้อสัตว์ที่สดและสะอาด แต่ก็มักจะพบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในเนื้อสัตว์ เนื่องจากเนื้อสัตว์อุดมไปด้วยสารอาหาร วิตามิน และแร่ธาตุ จึงเหมาะเป็นอาหารของจุลินทรีย์ การลดการปนเปื้อนเชื้อก่อโรคในอาหารนิยมใช้กรดอินทรีย์ โดยเฉพาะกรดแลกติก แต่ข้อจำกัดของกรดแลกติกคือ มีผลต่อสี กลิ่น รสชาติของอาหาร โดยจากการรายงานของ Snijders *et al.* (1985) พบว่าการใช้กรดแลกติกที่มีความเข้มข้นมากกว่า 1% จะทำให้เนื้อโคมีสีซีดจางลง นอกจากกรดแลกติกจะมีผลต่อสีของเนื้อสัตว์แล้วยังพบว่ามีผลต่อกลิ่นรสของเนื้ออีกด้วย โดยพบว่าการใช้กรดแลกติกความเข้มข้น 1% จะส่งผลให้เนื้อโคมีกลิ่นรสดีขึ้น (Hamby *et al.*, 1987; Prasai *et al.*, 1991) แต่ความเข้มข้นของกรดดังกล่าวไม่สามารถควบคุมจุลินทรีย์บางชนิดได้ ดังนั้นจึงควรหาวิธีเพิ่มประสิทธิภาพการลดจุลินทรีย์ในเนื้อสัตว์แบบเทอริโอซินเป็นสารธรรมชาติที่ผลิตจากแบคทีเรียกรดแลกติก มีคุณสมบัติยับยั้งและทำลายจุลินทรีย์หลายชนิดรวมถึงจุลินทรีย์ก่อโรค และจุลินทรีย์ที่ทำให้เนื้อสัตว์เน่าเสีย Pilasombut *et al.* (2005) รายงานว่าแบคทีเรียโอซินที่สร้างจากเชื้อ *Lb. salivarius* K4 สามารถยับยั้งเชื้อ *Lb. sakei* subsp. *sakei* JCM1157<sup>T</sup>, *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* JCM 6124<sup>T</sup>, *Enterococcus faecalis* JCM 5803<sup>T</sup>, *Bacillus coagulans* JCM 2257<sup>T</sup>, *Listeria innocua* ATCC 33090<sup>T</sup> และ *Brochotrix campestris* NBRC 11547<sup>T</sup>

ดังนั้นจึงได้มีแนวคิดในการนำสารแบคทีเรียโอซินมาใช้ร่วมกับกรดแลกติกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลดเชื้อ *Salmonella* spp. ซึ่งอาจเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถนำไปใช้ในการลดจุลินทรีย์ก่อโรคในเนื้อสัตว์ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมีการนำสารแบคทีเรียโอซินที่ผลิตจาก *Lactobacillus salivarius* K4 มาใช้ร่วมกรดแลกติกเพื่อลดการใช้ความเข้มข้นของกรดแลกติก เพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์

## วัตถุประสงค์

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบผลของการใช้แบคทีเรียโอซินที่ผลิตจากเชื้อ *Lb. salivarius* K4 ร่วมกับกรดแลกติกที่มีผลต่อการยับยั้งเชื้อ *S. Typhimurium* เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานทางด้านจุลินทรีย์เนื้อสัตว์ที่ได้รับอิทธิพลจากกระบวนการผลิต ให้แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ของประเทศไทยต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

### การเตรียม Crude bacteriocin จากเชื้อ *Lb. salivarius* K4

แบคทีเรียโอซินที่ใช้ทดสอบ คือ Crude Bacteriocin จากเชื้อ *Lb. salivarius* K4 ทำการเตรียมแบคทีเรียโอซินตามวิธีของ Swetwathana (2002) โดยทำการเลี้ยงเชื้อ *Lb. salivarius* K4 ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS broth บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส นาน 18-24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 5,000 x g นาน 10 นาที เก็บส่วนที่เป็น supernatant fluid ไว้ ทำการกรองผ่าน sterile filter ขนาด 0.2-µm-pore-size (Minisart, Germany) เก็บที่ 5 องศาเซลเซียส

### ผลของการใช้กรดแลกติกและแบคทีเรียโอซินต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Salmonella* Typhimurium ในหลอดทดลอง (In vitro test)

ทำการทดสอบผลของการใช้กรดแลกติกและแบคทีเรียโอซินที่ผลิตจาก *Lb. salivarius* K4 ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. Typhimurium* ในหลอดทดลอง แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ได้แก่ ผลของการใช้กรดแลกติกต่อ

การยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. Typhimurium* ในหลอดทดลอง และกรดแลกติกร่วมกับแบคทีเรียโอซินความเข้มข้น 2% (v/v) ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. Typhimurium* ในหลอดทดลอง โดยแต่ละการทดลองทำการวางแผนแบบ Completely randomized design ด้วยการเติมกรดแลกติก ปรับค่า pH ของอาหารเลี้ยงเชื้อ TSB-YE ให้มี 4 ระดับ ได้แก่ 4.5 5.0 5.5 และ 6.0 ทำการเตรียมสารละลายเชื้อ *S. Typhimurium* ให้มีความเข้มข้น  $10^9$  CFU/ml แล้วถ่ายเชื้อ *S. Typhimurium* ที่มีความเข้มข้น  $10^7$  CFU/ml ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อทั้ง 8 กลุ่มข้างต้น เก็บตัวอย่างที่ 0 6 12 18 24 และ 30 ชั่วโมง เพื่อทำการตรวจนับปริมาณเชื้อด้วยวิธี spread plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ TSB-YE agar บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนับจำนวนเชื้อ จากนั้นนำโคโลนีที่นับได้จากอาหารเลี้ยงเชื้อ และบันทึกข้อมูลให้มีหน่วยเป็น log CFU/ml

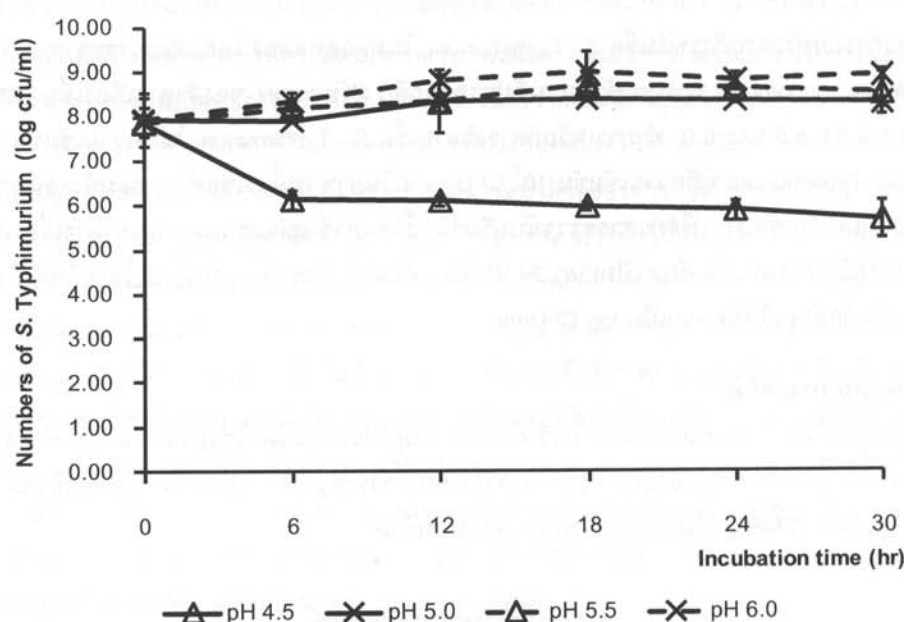
#### การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองจะนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (SPSS analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยแต่ละวิธีด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

### ผลการศึกษาและวิจารณ์

#### ผลการใช้กรดแลกติกและแบคทีเรียโอซินต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Salmonella Typhimurium* ในหลอดทดลอง (In vitro test)

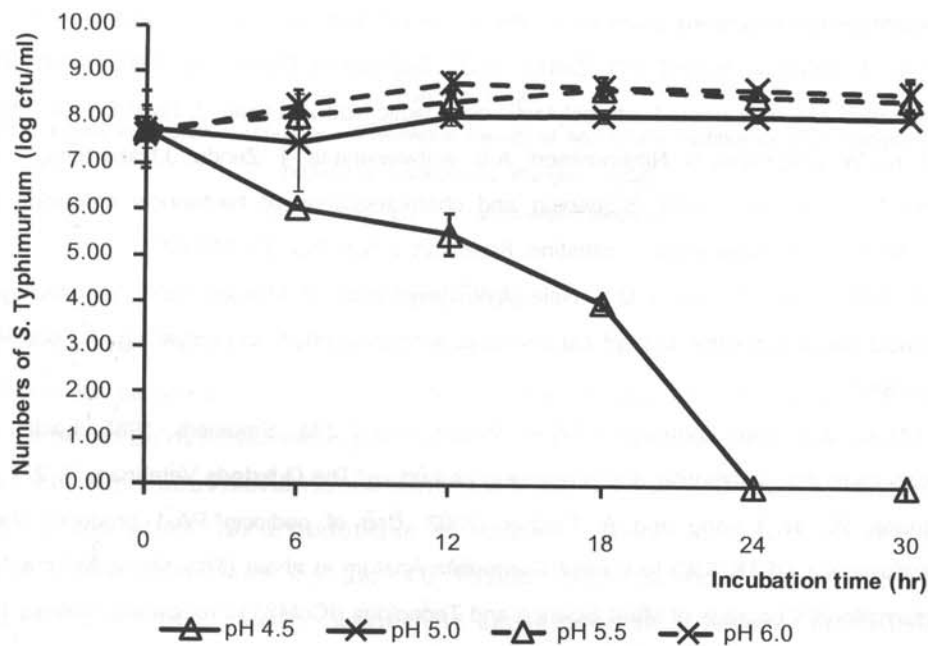
จากการศึกษาความสามารถของแบคทีเรียโอซินที่ผลิตจากเชื้อ *Lb. salivarius* K4 ความเข้มข้น 2% (v/v) ร่วมกับกรดแลกติกในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. Typhimurium* เมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ TSB-YE ที่ปรับค่า pH ด้วยกรดแลกติกให้มีค่า pH 4.5 5.0 5.5 และ 6 ตรวจหาจุลินทรีย์ที่มีชีวิตที่รอดที่ระยะเวลา 0 6 12 18 24 และ 30 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่ได้เติมแบคทีเรียโอซิน พบว่ากลุ่มที่เติมกรดแลกติกเพียงอย่างเดียวที่ปรับให้มีค่า pH 4.5 มีปริมาณของเชื้อ *S. Typhimurium* เริ่มต้น 7.86 log cfu/ml แต่เมื่อทำการบ่มเป็นเวลา 30 ชั่วโมง พบว่าแบคทีเรียมีปริมาณ 5.65 log cfu/ml ซึ่งมีปริมาณลดลงจากแบคทีเรียเริ่มต้น 2.21 log cfu/ml ในขณะที่อาหารเลี้ยงเชื้อที่เติมกรดแลกติกมีค่า pH 5.0 5.5 และ 6.0 มีปริมาณแบคทีเรียเริ่มต้น 7.93 7.86 และ 7.91 log cfu/ml ตามลำดับ มีปริมาณแบคทีเรียเพิ่มตามระยะเวลาการบ่มที่นานขึ้นตลอดระยะเวลาการบ่ม 30 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) โดยมีปริมาณแบคทีเรียเพิ่มขึ้นเป็น 8.28 8.49 และ 8.90 log cfu/ml ตามลำดับ (Figure 1) แสดงให้เห็นว่าการปรับด้วยกรดแลกติกที่มีค่า pH 4.5 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. Typhimurium* ได้ โดยการยับยั้งเกิดจากส่วนของเซลล์จุลินทรีย์ที่ขอบไขมันของกรดที่ใช้ในการทดลองนี้ซึ่งอยู่ในรูปโมเลกุลที่ไม่แตกตัวและซึมผ่านเข้าไปใน membrane ของแบคทีเรียที่มีค่า pH ก่อนข้างเป็นกลาง (pH 7) ซึ่งสูงกว่าค่า pH ของ cytoplasm ดังนั้นเมื่อกรดอยู่ในรูปที่ไม่แตกตัว และเข้าไปทำให้เกิดภาวะแตกตัวออกในรูปของโปรตอน และจับกับเบส ส่งผลในการทำลายออกซิเดทีฟ ฟอสฟอริเลชัน ฟอรัม ของระบบการขนส่งอิเล็กตรอน รวมไปถึงการยับยั้งระบบขนส่งสารโมเลกุลเข้าสู่เซลล์ นอกจากนี้การลดค่า pH ของไซโตพลาสซึมส่งผลให้ไปยับยั้งการสังเคราะห์สารโมเลกุลขนาดใหญ่หลายชนิด เช่น ส่วนประกอบของเมมเบรน ดีเอ็นเอ อาร์เอ็นเอ ไขมัน และโปรตีน (Doorens, 2005)



**Figure 1** Survival of *Salmonella Typhimurium* in TSB-YE, added lactic acid at difference pH values (*In vitro* test)

ในขณะที่เดียวกันกลุ่มที่เติมแบคทีเรียโอซินร่วมกับกรดแลคติกที่ค่า pH 4.5 มีปริมาณของเชื้อ *S. Typhimurium* เริ่มต้น 7.71 log cfu/ml แต่ปริมาณแบคทีเรียลดลงตามระยะเวลาการบ่มนานขึ้น โดยเวลาการบ่ม ชั่วโมงที่ 6 12 และ 18 มีปริมาณของแบคทีเรียลดลงเหลือ 6.04 5.47 และ 3.99 log cfu/ml ตามลำดับ ยิ่งไปกว่านั้น เมื่อทำการบ่มเป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง พบว่าแบคทีเรียไม่สามารถรอดชีวิตได้ภายใต้สภาวะดังกล่าวข้างต้น ในขณะที่อาหารเลี้ยงเชื้อที่เติมแบคทีเรียโอซินร่วมกับกรดแลคติกที่ปรับให้มีค่า pH 5 5.5 และ 6 ตามลำดับ พบว่า มีปริมาณของแบคทีเรียเริ่มต้น 7.75 7.73 และ 7.61 log cfu/ml และเมื่อทำการบ่ม พบว่าแบคทีเรียรอดชีวิตและเพิ่มจำนวนตลอดระยะเวลาการบ่ม 30 ชั่วโมง ( $p \leq 0.05$ ) โดยอัตราการเพิ่มจำนวนแปรผกผันกับปริมาณของกรดแลคติกที่ใช้ในการปรับค่า pH ของอาหารเลี้ยงเชื้อ TSB-YE ซึ่งมีปริมาณแบคทีเรียเท่ากับ 8.06 8.44 และ 8.60 log cfu/ml ตามลำดับ (Figure 2) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเติมแบคทีเรียโอซินร่วมกับกรดแลคติกที่ค่า pH 4.5 สามารถทำลายเชื้อ *S. Typhimurium* ได้อย่างสมบูรณ์ ในขณะที่การเติมกรดแลคติกเพียงอย่างเดียวที่ค่า pH เท่ากัน สามารถยับยั้งแบคทีเรียชนิดนี้ได้เท่านั้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Yasmina *et al.* (2002) ที่ได้รายงานว่าการใช้สาร nisin ร่วมกับกรดแลคติก จะสามารถลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศในการเจริญ total coliforms และ *E. coli* ในเนื้อโคสดได้ดีกว่าการใช้สาร nisin หรือกรดแลคติกเพียงอย่างเดียว และ Mustapha *et al.* (2002) ซึ่งได้รายงานว่าการใช้สาร nisin ร่วมกับสารละลายกรดชนิดต่าง ๆ จะสามารถลดการปนเปื้อนของเชื้อ *E. coli* ในเนื้อโคได้ดีกว่าการใช้สาร nisin หรือสารละลายกรดเพียงอย่างเดียว โดยการใช้สารผสมระหว่างสาร nisin ร่วมกับสารละลายกรดนั้นสามารถลดเชื้อ *E. coli* ที่ปนเปื้อนในเนื้อโคเหลือประมาณ 2-3 log cfu/cm<sup>2</sup> โดยใช้เชื้อ เริ่มต้น 7 log cfu/cm<sup>2</sup> ทำการทดลอง 28 วัน เก็บรักษาเนื้อโคที่ 4 องศาเซลเซียส ในสารละลายกรดแลคติกที่ pH 4.5 ได้ดี แบคทีเรียโอซินที่ผลิตจาก *Lb. salivarius* K4 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อ *Salmonella* เนื่องจากสารละลายกรดที่ใช้จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในส่วน outer membrane ของเซลล์เชื้อซัลโมเนลลา ทำให้

ส่วน outer membrane ถูกทำลายเกิดรูรั่วทำให้แบคทีเรียไอซิดิน สามารถผ่านเข้าไปในเซลล์เชื้อ *Salmonella* ได้มากขึ้น Abee (1995) และ Ennahar *et al.* (2000) กล่าวว่า กลไกการทำลายเชื้อของแบคทีเรียไอซิดินคือ ในขั้นตอนแรกปลายด้าน N ของโมเลกุลแบคทีเรียไอซิดิน ซึ่งมีประจุบวกจะเข้าจับส่วนหัวของฟอสโฟลิปิดที่เยื่อหุ้มของแบคทีเรียเป้าหมาย ซึ่งมีประจุลบโดยจับเข้าคู่กัน หลังจากนั้นปลายด้าน C ในโมเลกุลแบคทีเรียไอซิดินซึ่งมีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) จะทำปฏิกิริยากับหมู่เอซิล (acyl group) ของไขมันในเยื่อหุ้มเซลล์ทำให้เกิดเป็นช่องว่างที่เยื่อหุ้มเซลล์ทำให้เกิดการสูญเสียความสมดุลของไอออนและสารประกอบฟอสเฟตภายในเซลล์ส่งผลให้แบคทีเรียเป้าหมายตาย



**Figure 2.** Survival of *Salmonella* Typhimurium in TSB-YE, added 2%(v/v) bacteriocin in combination with lactic acid at difference pH values (*In vitro* test)

### สรุปและข้อเสนอแนะ

แบคทีเรียไอซิดินที่ผลิตจาก *Lb. salivarius* K4 ร่วมกับกรดแลกติกมีฤทธิ์ทำลายเชื้อ *S. Typhimurium* โดยประสิทธิภาพของการทำลายแบคทีเรียขึ้นอยู่กับปริมาณของกรดแลกติกที่ใช้ในการปรับค่า pH ที่ระดับต่าง ๆ และควรนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ ทั้งนี้เพื่อลดความเข้มข้นของกรดแลกติก จึงควรมีการศึกษาการใช้สารทั้งสองชนิดนี้ร่วมกันก่อนนำไปประยุกต์ในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ต่อไป

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.

## เอกสารอ้างอิง

- Abee, T. 1995. Pore-forming bacteriocins of Gram-positive bacteria and self-protection mechanisms of producer organisms. FEMS Microbiol. Lett. 129: 1-10.
- Doores, S. 2005. Organic acid. In P.M. Davidson, J.N. Sofos and J.I. Brannen, Antimicrobials in foods, 3rd ed (pp.91-142). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Ennahar, S., T. Sashihara, K. Sonomoto and A. Ishizaki. 2000. Class IIa bacteriocins: biosynthesis, structure and activity. FEMS Microbiol. Rev. 24 : 85-106.
- Hamby, P.L., J.W. Savell, G.R. Acuff, C. Vanderzant and H.R. Cross. 1987. Spary-chilling and carcass decontamination systems using lactic acid and acetic acid. Meat Sci. 21: 1-14.
- Mustapha, A., T. Ariyapitipun and A.D. Clarke. 2002. Survival of *Escherichia coli* 0157:H7 on vacuum-Packaged raw beef treated with polylactic acid, lactic acid and nisin. J. Food Sci. 67: 262-267.
- Pilasombut, K., W. Wajjwalku, S. Nitisinprasert, A.S. wetwiwathana, T. Zendo, J.Nakayama, K. Sonomoto and T. Sakpuaram. 2005. Screening and characterization of bacteriocin producing lactic acid bacteria isolated from chicken intestine. Kasetsart J. Nat. Sci. 39: 612-621.
- Prasai, R.K., G.R. Acuff, L.M. Lucia, D.S. Hale, J.W. Savell and J.B. Morgan. 1991. Microbiological effects of acid decontamination of beef carcasses at various location in processing. J. Food Protect. 54: 868-872.
- Snijders, J.M.A., J.G. Van Logtestijn, D.A.A. Mossel and F.J.M. Smulders. 1985. Lactic acid as a decontaminant in slaughter and processing procedure. The Quarterly Veterinary. 7: 277 - 282.
- Swetwiwathana, A., N. Lotong and A. Fischer. 2002. Use of pediocin PA-1 producer (*Pediococcus pentosaceus* TISTR 536) to control *Salmonella* Anatum in nham (Thai fermented meat). The 48<sup>th</sup> International Congress of Meat Science and Technology (ICoMST) Proceeding. Volume II: 966-967. August 25-30, 2002. Rome, Italy.
- Yasmina, B., F. Kenna and M.S. Enrique. 2002. Combined effects of lactic acid and nisin solution in reducing levels of microbiological contamination in red meat carcasses. J. Food Protect. 65: 1780-1783.

ผลของกรดแลคติกร่วมกับ pediocin-like bacteriocin ที่ผลิตจาก *Lactobacillus plantarum* KMITL-QU 54 ต่อการยับยั้งเชื้อ *Salmonella Anatum* ในรูปแบบจำลองไส้กรอกอีสาน

Effect of lactic acid and pediocin-like bacteriocin produced from *Lactobacillus plantarum* KMITL-QU 54 on *Salmonella Anatum* in simulated Isan sausage model broth

อดิศร เสวตวิวัฒน์<sup>1,\*</sup> คมแข พิลาสมบัติ<sup>2</sup> อพัชชา จินดาประเสริฐ<sup>1</sup> และ จุฑารัตน์ เศรษฐกุล<sup>2</sup>

Adisorn Swetwiwathana<sup>1,\*</sup>, Komkhae Pilasombut<sup>2</sup>, Apacha Jindaprasert<sup>1</sup> and Jutharat Setthakul<sup>2</sup>

<sup>1</sup>สาขาเทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

<sup>2</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

<sup>1</sup>Division of Fermentation Technology, Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

<sup>2</sup>Department of Animal Production Technology and Fisheries, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

\*Corresponding author: adisswet@yahoo.com

### บทคัดย่อ

การศึกษาผลการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรค *Salmonella Anatum* ที่พบมากในผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก โดยศึกษาผลของ pediocin-like bacteriocin 400 AU/ml ที่ผลิตจากเชื้อ *Lactobacillus plantarum* KMITL-QU 54 ที่แยกได้จากไส้กรอกอีสานร่วมกับการใช้กรดแลคติกในรูปแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่ปรับด้วยกรดแลคติกในระดับพีเอช 5.5 5.0 4.5 และ 4.0 พบว่า แบบจำลองไส้กรอกอีสานที่พีเอช 5.0 และ 5.5 ร่วมและไม่ร่วมกับแบคทีเรียโอซินที่ความเข้มข้นประมาณ 400 AU/ml ไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *S. Anatum* ได้ตลอด 30 ชั่วโมงของการทดลอง สำหรับแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่ระดับพีเอช 4.5 และ 4.0 ที่ร่วมและไม่ร่วมกับแบคทีเรียโอซินที่ความเข้มข้นประมาณ 400 AU/ml มีผลในการยับยั้ง *S. Anatum* ในชั่วโมงที่ 18 แต่ยังตรวจพบเชื้อ *S. Anatum* ได้ในชั่วโมงที่ 30 ซึ่งผลการลดลงของ *S. Anatum* สืบเนื่องจากการบาดเจ็บของเชื้อในสภาพที่อยู่ในอาหารที่มีค่าพีเอชต่ำเป็นเวลานาน ส่งผลให้การทำลายด้วยแบคทีเรียโอซินมีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนั้น *L. plantarum* KMITL-QU 54 มีแนวโน้มที่จะใช้เป็นกลไกในการหมักอาหารหมักประเภทเนื้อของไทยเพื่อให้เกิดการผลิตอาหารหมักประเภทเนื้อของไทยมีความปลอดภัยจาก *S. Anatum*

คำสำคัญ: กรดแลคติก pediocin-like bacteriocin *Lactobacillus plantarum* KMITL-QU 54 *Salmonella Anatum* ไส้กรอกอีสาน

### Abstract

Effect of pediocin-like bacteriocin (400 AU/ml) produced from *Lactobacillus plantarum* KMITL-QU 54 on *Salmonella Anatum* which mostly contaminated in fermented meat using Isan sausages (traditional Thai fermented meat) Model Broth (ISMB) acidified with lactic acid under different pH (5.5, 5.0, 4.5 and 4.0) was studied. It was revealed that ISMB at pH. 5.0 and 5.5 with or without bacteriocin at the concentration of 400 AU/ml cannot inhibit *S. Anatum* within 30 hours of study, but ISMB at pH 4.5 and 4.0

with or without 400 AU/ml bacteriocin could inhibit and reduce the number of *S. Anatum* from the broth after 18 - 30 hours of incubation. The reduction of *S. Anatum* was due to the higher injury cells after the cells were presented in the high acidity broth for a long time, and led bacteriocin perform a higher destruction on these injured cells. *L. plantarum* KMITL-QU 54, thus, implied to be used as starter culture for safety and quality prospect of traditional Thai fermented meat production in the future.

**Keywords:** lactic acid, pediocin-like bacteriocin, *Lactobacillus plantarum* KMITL-QU 54, *Salmonella Anatum*, traditional Thai, fermented meat (Isan sausage)

## บทนำ

ไส้กรอกอีสานเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหมักเนื้อพื้นบ้านทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ หมักจากเนื้อดิบซึ่งส่วนใหญ่เป็นเนื้อหมู ปัจจุบันมีการใช้เนื้อโคในการผลิตแทนเนื้อหมูอย่างแพร่หลายเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าทางตลาดให้กับเนื้อโค จากรายงานการปนเปื้อนจุลินทรีย์ก่อโรคทางเดินอาหารในเนื้อโคดิบและผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก พบว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อซัลโมเนลลา (*Salmonella*) (สุมาลี และคณะ, 2539; อติสร, 2549) โดยสายพันธุ์ที่มักตรวจพบในอาหารหมักเนื้อคือ *Salmonella Anatum* (อติสร, 2533; อติสร และคณะ, 2538) และเชื้อซัลโมเนลลายังสามารถปนเปื้อนมากับไส้หมูสดที่ใช้ในการบรรจุส่วนผสมสำหรับไส้กรอกอีสาน (บันฑูรย์, 2550) ดังนั้น จึงได้มีการศึกษาคัดแยกเชื้อแบคทีเรียแลคติกที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมักอาหารหมักประเภทเนื้อ รวมถึงหาสายพันธุ์แบคทีเรียแลคติกที่สามารถผลิตสารยับยั้งเชื้อในกลุ่มแบคทีเรียโอซิน ซึ่งผลิตภัณฑ์เนื้อหมักดังกล่าว ได้แก่ แหนม หม้า และไส้กรอกอีสาน โดยมีรายงานการตรวจพบเชื้อกลุ่มแบคทีเรียแลคติกที่ผลิตแบคทีเรียโอซินในกลุ่มต่างๆ เช่น *Pediococcus pentosaceus* TISTR 536 ผลิต Pediocin PA-1 และ *Lactococcus lactis* N100 ผลิต Nisin Z จากแหนม (Swetwathana, 2005) *P. pentosaceus* M13 ผลิต Pediocin PA-1 จากหม้า (Swetwathana et al., 2007) และ *Lactobacillus plantarum* KMITL-QU 54 ผลิต Pediocin-like bacteriocin จากไส้กรอกอีสาน (Swetwathana et al., 2008) เป็นต้น

เนื่องจากแบคทีเรียโอซินที่ผลิตขึ้นจากแบคทีเรียแลคติกส่วนมากสามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มแกรมบวกได้หลายสายพันธุ์ เช่น *Staphylococcus aureus* และ *Listeria monocytogenes* เป็นต้น แต่ฤทธิ์ของแบคทีเรียโอซินไม่สามารถทำลายผนังเซลล์ของกลุ่มแกรมลบ เช่นเชื้อซัลโมเนลลาที่มักพบปนเปื้อนในอาหารหมักประเภทเนื้อได้อย่างสมบูรณ์ จึงต้องใช้ร่วมกับกรรมวิธีอื่น เช่น กรดแลคติกที่ผลิตขึ้นจากเชื้อในกลุ่มแบคทีเรียแลคติกในอาหารหมักต่าง ๆ ซึ่งช่วยทำลายเชื้อในกลุ่มแกรมลบบาดเจ็บและถูกทำลายเร็วขึ้น ดังรายงานของ Kalchayanand et al. (1992) และ Swetwathana et al. (2007) ด้วยเหตุนี้ การศึกษานี้จึงได้ทำการศึกษาผลของแบคทีเรียโอซินในกลุ่ม pediocin-like ที่ผลิตได้จากเชื้อ *Lb. plantarum* KMITL-QU 54 ที่แยกได้จากไส้กรอกอีสาน ร่วมกับการดแลคติกบริสุทธิ์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อการยับยั้งเชื้อ *S. Anatum* ที่มักพบปนเปื้อนมากในเนื้อสัตว์จนส่งผลถึงการตรวจพบในผลิตภัณฑ์เนื้อหมักที่ใช้เนื้อสัตว์ต่าง ๆ เป็นวัตถุดิบในการผลิต

## อุปกรณ์และวิธีการ

### จุลินทรีย์ที่ใช้ในการศึกษา

เชื้อ *Salmonella Anatum* จาก สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

*Lactobacillus plantarum* KMITL-QU 54 ซึ่งผลิต pediocin-like bacteriocin ที่แยกได้จากไส้กรอกอีสาน (Swetwathana *et al.*, 2007) จากศูนย์เก็บเชื้อคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

#### การเตรียมแบบจำลองการหมักไส้กรอกอีสาน

เตรียมแบบจำลองการหมักไส้กรอกอีสาน (Isan Sausage Model Broth, ISMB) จากสูตรแบบจำลองการหมักแหนม (Nham Model Broth, NMB) ของ Swetwathana *et al.* (1999) แต่ไม่ต้องปรับค่า water activity ของอาหารจำลองดังกล่าวด้วยกลีเซอรอล โดยเตรียมอาหาร ISMB ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ลงในขวดทนร้อนฝาเกลียวนำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 °C เป็นเวลา 15 นาที

#### การศึกษาผลของกรดแลคติกร่วมกับแบคทีเรียโอซินที่ผลิตได้จาก *Lb. plantarum* KMITL-QU 54 ในการยับยั้งเชื้อ *S. Anatum* ในรูปแบบจำลองไส้กรอกอีสาน (ISMB)

ทำการเพาะเลี้ยงเชื้อ *Lb. plantarum* KMITL-QU 54 เพื่อสกัดแบคทีเรียโอซินที่ปลดปล่อยตามวิธีของ Swetwathana *et al.* (2007) เติมน้ำลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ ISMB ที่ปรับค่าพีเอชด้วยกรดแลคติก (Carlo Erba Reagent, Italy) ให้มีค่าที่ 5.5 5.0 4.5 และ 4.0 โดยให้ความเข้มข้นของแบคทีเรียโอซินประมาณ 400 AU/ml เทียบกับ ISMB ที่มีค่าพีเอชระดับต่างๆ ข้างต้น แต่ไม่เติมแบคทีเรียโอซิน ทั้งนี้เพื่อศึกษาผลของกรดแลคติกและผลรวมของกรดแลคติกร่วมกับแบคทีเรียโอซิน ที่มีต่อ *S. Anatum* (SA) ในระดับความเข้มข้นของเชื้อ  $10^4$  cfu/ml โดยแบ่งรูปแบบจำลองการหมักไส้กรอกอีสานเป็น 8 แบบ คือ รูปแบบที่ 1 ISMB pH 4.0 + SA  $10^4$  cfu/ml + แบคทีเรียโอซิน รูปแบบที่ 2 ISMB pH 4.0 + SA  $10^4$  cfu/ml รูปแบบที่ 3 ISMB pH 4.5 + SA  $10^4$  cfu/ml + แบคทีเรียโอซิน รูปแบบที่ 4 ISMB pH 4.5 + SA  $10^4$  cfu/ml รูปแบบที่ 5 ISMB pH 5.0 + SA  $10^4$  cfu/ml + แบคทีเรียโอซิน รูปแบบที่ 6 ISMB pH 5.0 + SA  $10^4$  cfu/ml รูปแบบที่ 7 ISMB pH 5.5 + SA  $10^4$  cfu/ml + แบคทีเรียโอซิน รูปแบบที่ 8 ISMB pH 5.5 + SA  $10^4$  cfu/ml จากนั้นหมัก ISMB รูปแบบต่าง ๆ ทั้งหมดในตู้บ่มอุณหภูมิ 30 °C ทำการตรวจนับเชื้อ *S. Anatum* ที่เหลือรอดใน ISMB รูปแบบต่างๆ ทุก 6 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลาเริ่มต้นที่ใส่เชื้อ (0 ชั่วโมง) จนครบ 30 ชั่วโมง ด้วยวิธี spread plate และ pour plate technique โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Trypticase soy agar (TSA) และ Xylose-lysine-desoxycholate (XLD) agar ทำการบ่มในตู้บ่มเชื้อ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อตรวจนับปริมาณเชื้อ *S. Anatum* เหลือรอด และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การบาดเจ็บจากสูตร

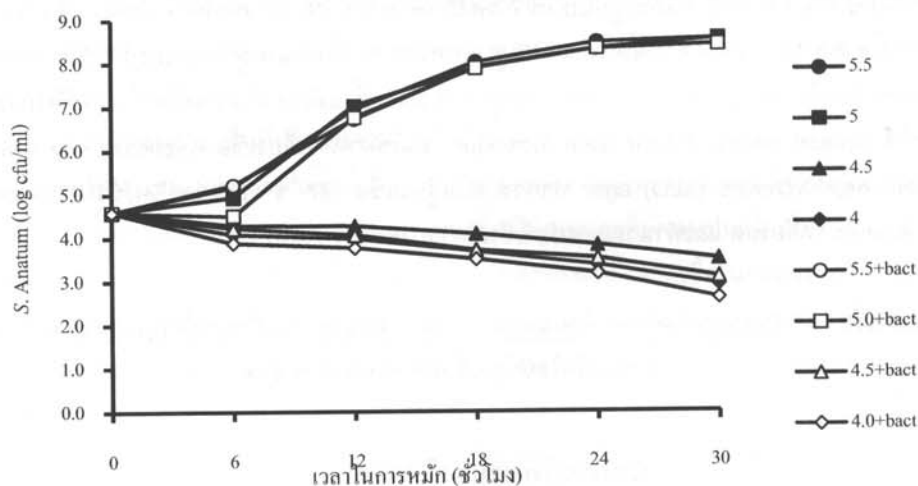
$$\% \text{ การบาดเจ็บของเชื้อ} = \frac{\text{จำนวนโคโลนีของเชื้อบนอาหาร TSA} - \text{จำนวนโคโลนีของเชื้อบนอาหาร XLD}}{\text{จำนวนโคโลนีของเชื้อที่ขึ้นบนอาหาร TSA}} \times 100$$

#### ผลการศึกษาและวิจารณ์

##### ผลของกรดแลคติกร่วมกับแบคทีเรียโอซินที่ผลิตได้จาก *Lb. plantarum* KMITL-QU 54 ในการยับยั้งเชื้อ *S. Anatum* ใน (ISMB)

จากผลการทดลองในภาพที่ 1 รูปแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่มีค่าพีเอช 4.0 และ 4.5 มีแนวโน้มในการลดลงของเชื้อซัลโมเนลลาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ชั่วโมงที่ 6 จนถึงชั่วโมงที่ 30 เมื่อพิจารณาในรูปแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่ปรับพีเอชด้วยกรดแลคติก 4.0 และ 4.5 ที่เติมและไม่เติม แบคทีเรียโอซิน พบว่าแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่ปรับ

ค่าพีเอชด้วยกรดแลคติกพร้อมกับแบคทีเรียโอซินให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *S. Anatum* ดีกว่ารูปแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่ปรับพีเอชด้วยกรดแลคติกอย่างเดียว เนื่องจากแบคทีเรียโอซินออกฤทธิ์ทำให้เกิดรูที่เยื่อหุ้มเซลล์ (อรอนงค์, 2550) จึงเป็นการรบกวนสมดุลทำให้เกิดการรั่วไหลของไอออนจากนอกเซลล์เข้าสู่ภายในเซลล์ได้ง่ายกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้เติมแบคทีเรียโอซิน แต่ฤทธิ์ของแบคทีเรียโอซินไม่สามารถทำลายผนังเซลล์ของซัลโมเนลลาได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นจึงยังสามารถตรวจพบได้ในชั่วโมงที่ 30 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Swetwathana *et al.* (2007) ที่ได้ทดลองการยับยั้งเชื้อ *S. Anatum* ด้วยกรดแลคติกพร้อมกับแบคทีเรียโอซิน pediocin PA-1 ที่มีค่ากิจกรรม 6400 AU/ml ผลิตโดย *P. pentosaceus* TISTR536 ในแบบจำลองการหมักแฮมที่ค่าพีเอชต่าง ๆ พบว่าที่ค่าพีเอช 4.5 ร่วมกับแบคทีเรียโอซินในชั่วโมงที่ 24 ไม่สามารถตรวจพบเชื้อดังกล่าวได้ แต่ในกรณีของการปรับค่าพีเอช เพียงอย่างเดียวไม่สามารถตรวจพบเชื้อได้ในชั่วโมงที่ 30 ซึ่งต่างจากการศึกษาครั้งนี้ที่ยังพบเชื้อ *S. Anatum* ตลอด 30 ชั่วโมงของการบ่ม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความเข้มข้นของแบคทีเรียโอซินที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีค่ากิจกรรมที่ 400 AU/ml ซึ่งน้อยกว่าค่ากิจกรรม 6400 AU/ml ที่รายงานโดย Swetwathana *et al.* (2007) อยู่มาก และแบบจำลองที่ใช้มีค่า *water activity* สูง ไม่ได้ทำการลดค่า *water activity* ด้วยสารกลีเซอรอลในการทดลอง จึงมีผลทำให้ประสิทธิภาพของกรดแลคติกที่ปรับจนต่ำและแบคทีเรียโอซินที่ใช้ในการยับยั้ง *S. Anatum* เกิดขึ้นได้ช้ากว่า สำหรับรูปแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่มีค่าพีเอช 5.0 และ 5.5 ทั้งในกลุ่มที่เติมแบคทีเรียโอซินและไม่เติมแบคทีเรียโอซินไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *S. Anatum* ได้ จึงมีปริมาณเชื้อ *S. Anatum* เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึง 8 log cfu/ml ในชั่วโมงที่ 18 ของการศึกษา โดยในกลุ่มที่เติมแบคทีเรียโอซินมีการเพิ่มขึ้นของเชื้อ *S. Anatum* ช้ากว่ากลุ่มที่ไม่เติมแบคทีเรียโอซินเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม จากภาพที่แสดงในภาพที่ 1 พอสรุปได้ว่าการปรับค่าพีเอชด้วยกรดแลคติก มีผลต่อการเจริญและการยับยั้ง *S. Anatum* และการใช้ร่วมกับแบคทีเรียโอซินจะมีผลต่อการยับยั้งเชื้อซัลโมเนลลาได้ดีกว่าการไม่ใช้แบคทีเรียโอซิน



ภาพที่ 1 ผลของค่าพีเอชและแบคทีเรียโอซิน (bact) ต่อเชื้อ *S. Anatum* ในรูปแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่ค่าพีเอช 4.0 4.5 5.0 และ 5.5

### เปอร์เซ็นต์การบาดเจ็บของเชื้อ *S. Anatum* ในรูปแบบจำลองไส้กรอกอีสาน

เมื่อนำปริมาณการเจริญของ *S. Anatum* ที่เจริญในอาหาร TSA และ XLD มาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การบาดเจ็บ (ตารางที่ 1) พบว่า รูปแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่ปรับค่าพีเอช 4.0 และ 4.5 พบว่า เปอร์เซ็นต์การบาดเจ็บจะเพิ่มมากขึ้น เมื่อมีการใช้สารละลายกรดแลคติกร่วมกับแบคทีเรียโอซินในรูปแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่มีค่าพีเอช 4.0 เปอร์เซ็นต์การบาดเจ็บจะเพิ่มจาก 0.3 60.0 61.8 72.7 95.2 และ 95.8 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงเวลาที่ 0 6 12 18 24 และ 30 ตามลำดับ ส่วนในรูปแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่เติมสารละลายกรดแลคติกร่วมกับแบคทีเรียโอซินที่ค่าพีเอช 4.5 มีเปอร์เซ็นต์การบาดเจ็บเพิ่มจาก 0.3 10.6 และ 50.5 ในช่วงเวลาที่ 0 6 และ 12 ตามลำดับ และพบว่า การเติมสารละลายกรดแลคติกร่วมกับแบคทีเรียโอซินในรูปแบบจำลองไส้กรอกอีสาน จะให้เปอร์เซ็นต์การบาดเจ็บของเชื้อ *S. Anatum* มากกว่าการเติมสารละลายกรดแลคติกอย่างเดียวเปอร์เซ็นต์การบาดเจ็บของเชื้อ *S. Anatum* ในรูปแบบจำลองไส้กรอกอีสาน

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์การบาดเจ็บของเชื้อ *S. Anatum* ในรูปแบบจำลองไส้กรอกอีสาน (ISMB) ที่ปรับค่าพีเอชที่ 4.0 และ 4.5 ร่วมกับแบคทีเรียโอซิน (400 AU/ml) เทียบกับรูปแบบจำลองที่ไม่ร่วมกับแบคทีเรียโอซิน

| ค่าพีเอชใน ISMB | ชั่วโมงในการบ่ม | S. Anatum ใน ISMB ที่ไม่เติมแบคทีเรียโอซิน |              |                    | S. Anatum ใน ISMB เติมแบคทีเรียโอซิน |              |                    |
|-----------------|-----------------|--------------------------------------------|--------------|--------------------|--------------------------------------|--------------|--------------------|
|                 |                 | TSA (cfu/ml)                               | XLD (cfu/ml) | เปอร์เซ็นต์บาดเจ็บ | TSA (cfu/ml)                         | XLD (cfu/ml) | เปอร์เซ็นต์บาดเจ็บ |
| 4.5             | 0               | 38833                                      | 38721        | 0.3                | 38833                                | 38721        | 0.3                |
|                 | 6               | 19050                                      | 18800        | 1.3                | 16367                                | 14633        | 10.6               |
|                 | 12              | 15183                                      | 12867        | 15.3               | 11267                                | 5583         | 50.5               |
|                 | 18              | 11200                                      | 5767         | 48.5               | 5050                                 | 3857         | 23.6               |
|                 | 24              | 6500                                       | 1950         | 70.0               | 3270                                 | 1497         | 54.2               |
|                 | 30              | 3117                                       | 1510         | 51.6               | 1223                                 | 925          | 24.4               |
| 4.0             | 0               | 38833                                      | 38721        | 0.3                | 38833                                | 38721        | 0.3                |
|                 | 6               | 11933                                      | 10983        | 8.0                | 7533                                 | 3017         | 60.0               |
|                 | 12              | 9323                                       | 5783         | 38.0               | 5717                                 | 2183         | 61.8               |
|                 | 18              | 4657                                       | 1803         | 61.3               | 3120                                 | 852          | 72.7               |
|                 | 24              | 2267                                       | 160          | 92.9               | 1483                                 | 71           | 95.2               |
|                 | 30              | 807                                        | 73           | 91.0               | 400                                  | 17           | 95.8               |

หมายเหตุ TSA = ปริมาณเชื้อ *S. Anatum* (cfu/ml) ที่เจริญบนอาหาร Trypticase soy agar

XLD = ปริมาณเชื้อ *S. Anatum* (cfu/ml) ที่เจริญบนอาหาร Xylose-lysine-desoxycholate agar

ค่า cfu/ml ที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ครั้ง

ผลการทดลองดังกล่าว สอดคล้องกับการทดลองของ เรณู (2539) ที่รายงานว่า เมื่อเติม *S. Anatum* ปริมาณ  $10^3$  cfu/ml ลงไปให้อาหารเลี้ยงเชื้อ MRS broth ที่มี *Lb. plantarum* ปริมาณ  $10^6$  cfu/ml พบว่า *S. Anatum* สามารถถูกทำลายโดยกรดที่ *Lb. plantarum* สร้างขึ้นที่พีเอชประมาณ 3.89-3.93 การเติมแบคทีเรียโอซินในรูปแบบจำลองไส้กรอกอีสานช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งการทำงานของเซลล์ *S. Anatum* ซึ่งโดยปกติแบคทีเรียโอซินไม่สามารถทำลายผนังเซลล์ของกลุ่มแกรมลบที่อยู่ในสภาพแข็งแรงได้ จึงต้องใช้ร่วมกับการวิธีอื่น เช่น กรดแลคติกที่มีความเข้มข้นสูง จนทำให้เซลล์เชื้อเป้าหมายในกลุ่มแกรมลบเกิดการบาดเจ็บ แบคทีเรียโอซินจึงช่วยให้เชื้อในกลุ่มแกรมลบที่บาดเจ็บถูกทำลายเร็วขึ้น (Swetiwathana *et al.*, 2007) โดยแบคทีเรียโอซินจะเข้าสู่เยื่อหุ้มเซลล์เป้าหมายโดยอาศัยแรง electrostatic และแบคทีเรียโอซินส่วนใหญ่จะเหนี่ยวนำให้เกิดรูบนเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์เป้าหมาย และขัดขวางกระบวนการ proton motive force รวมทั้งรบกวนสมดุลของพีเอชเป็นผลให้เกิดการรั่วไหลของไอออนจากการคดอินทรีย์ภายนอกเซลล์เข้าสู่ภายในเซลล์ กระตุ้นให้เซลล์ใช้พลังงาน ATP ในการปรับสมดุล เมื่อพลังงาน ATP หมดเซลล์ก็ตาย (อรอนงค์, 2550) ส่วนรูปแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่ปรับค่าพีเอช 5.0 และ 5.5 ทั้งรวมและไม่รวมกับแบคทีเรียโอซินไม่พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การบาดเจ็บเชื้อ *S. Anatum* อันเนื่องมาจากกรดแบคทีเรียโอซินจึงไม่มีผลในการทำลายเชื้อเป้าหมายดังกล่าว จึงทำให้เชื้อเจริญได้ในอาหารจำลอง ISMB ทั้งที่ใส่และไม่ใส่แบคทีเรียโอซินหลังการบ่ม 6 ชั่วโมง จนมีปริมาณสูงกว่า  $8 \log$  cfu/ml หลังจากบ่มไป 18-30 ชั่วโมง (ภาพที่ 1)

### สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้เป็นการยืนยันว่า pediocin-like bacteriocin ที่ผลิตจาก *Lb. plantarum* KMITL-QU 54 สามารถใช้ร่วมกับกรดแลคติกที่พีเอชต่ำ (4.5 และ 4.0) ในการยับยั้งทำลาย *S. Anatum* ที่มักพบในวัตถุดิบเนื้อที่ใช้ในการหมักผลิตภัณฑ์เนื้อหมักได้ โดยอาจใช้ *Lb. plantarum* KMITL-QU 54 เป็นกลไกเชื่อในการหมักอาหารหมักประเภทเนื้อเพื่อให้ผลิตกรดให้มากขึ้นและแบคทีเรียโอซินที่เชื่อผลิตขึ้นขณะหมักอาหารจนมีค่าพีเอชที่ต่ำจะทำให้ *S. Anatum* ที่ปนเปื้อนบาดเจ็บและส่งผลให้ *S. Anatum* ตายในระหว่างการหมัก ส่งผลให้เกิดความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์หมักประเภทเนื้อที่ผลิตขึ้นได้

### กิตติกรรมประกาศ

กลุ่มผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์เครือข่ายการวิจัยด้านเทคโนโลยีเนื้อสัตว์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ที่สนับสนุนทุนในการศึกษาวิจัยนี้ และขอบคุณ (สกว) นางสาวมัลลิกา ไชยวุฒิ ที่ช่วยในด้านการเตรียมข้อมูลและปฏิบัติการ

### เอกสารอ้างอิง

- บันฑูรย์ ตรีการวีระเดช. 2550. ตอนที่ 3 การปนเปื้อนเชื้อ Salmonella ภายหลังการฆ่าชำแหละเชื้อ Salmonella กับ การผลิตเนื้อสุกร. Available: [http://merial.Com/pdf/LA/LA\\_Salmonella\\_with\\_Pork\\_ProduCtion\\_3\\_01-07-08.pdf](http://merial.Com/pdf/LA/LA_Salmonella_with_Pork_ProduCtion_3_01-07-08.pdf). [สืบค้นวันที่ 6 ตุลาคม 2553]
- เรณู ทวีชาติวิทยากุล. 2539. ผลของเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมในการหมักแฮมต่อการลดปริมาณเชื้อ Salmonella Typhimurium และ Salmonella Anatum. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร เทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- สุมาลี บุญมา อรุณ บำรุงกุลนนท์ นพรัตน์ หมานริม และ ชุมพจน์ อมาตยกุล. 2539. การตรวจหาเชื้อซัลโมเนลลา ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ โดยวิธี SCM และวิธี MSRV. อาหาร. 26: 88–97.
- อดิสร เสวตวิวัฒน์. 2533. ผลการใช้กล้ำเชื้อแบคทีเรียแลคติกต่อซัลโมเนลลาในการหมักแหนม. วิทยานิพนธ์ มหาบัณฑิต สาขาวิชาจุลชีววิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อดิสร เสวตวิวัฒน์ ปรีชา จึงสมานกุล และ อรุณ บำรุงกุลนนท์. 2538. ซัลโมเนลลาในอาหารพร้อมบริโภค. วารสารเทคนิคการแพทย์ 23: 153–160.
- อดิสร เสวตวิวัฒน์. 2549. ผลของกรดแลคติกและสาร Pediocin PA – 1 จาก *Pediococcus pentosaceus* TISTR536 ต่อการลดจำนวนเชื้อซัลโมเนลลาในเนื้อโคช้าและจำหน่ายปลีก. โครงการงานวิจัยรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2549. คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- อรอนงค์ พริงสุลกะ. 2550. แบคทีริโอซินที่สร้างจากแบคทีเรียแลคติก (bacteriocins of lactic acid bacteria). วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 23: 145-160.
- Kalchayanand, N., M.B. Hanlin and B. Ray. 1992. Sublethal injury makes gram-negative and resistant gram-positive bacteria sensitive to the bacteriocins, pediocin AcH and nisin. Letters in Appl. Microbiol. 15: 239–243.
- Swetwiathana, A. 2005. Microbiological quality enhancement of thai fermented meat product (Nham) using Nham-associated pediocin producing lactic acid bacteria (*Pediococcus pentosaceus* TISTR 536). Philosophy Degree Thesis, Kyushu University, Japan.
- Swetwiathana, A., A. Fischer, N. Lotong and U. Leutz. 1999. Controlling the growth of *Salmonella* Anatum in Nham. Effect of meat starter culture, nitrate, nitrite and garlic. Fleischwirtschaft International. 9 :124-128.
- Swetwiathana, A., N. Lotong, J. Nakayama and K. Sonomoto. 2007. Maturation of Nham—a Thai fermented meat product : effect of pediocin PA-1 producer (*Pediococcus pentosaceus* TISTR 536) as starter culture, nitrite and garlic on *Salmonella* Anatum during Nham fermentation. Fleischwirtschaft International. 3 : 46–49.
- Swetwiathana, A., N. Sawa, T. Zendo, J. Nakayama and K. Sonomoto. 2008. A novel pediocin-like produced by *Lactobacillus plantarum* KMITL-QU 54 from traditional Thai fermented meat-rice sausage (Sai-krog Isan). The 54<sup>th</sup> International Congress of Meat Science and Technology (ICoMST) Proceedings (in CD). August 10-15, 2008 Capetown, South Africa.
- Swetwiathana, A., T. Zendo, J. Nakayama and K. Sonomoto. 2007. Identification and partial characterization of Pediocin PA-1 producing *Pediococcus pentosaceus* associated in traditional Thai fermented beef (Mum). Proceedings of 53rd International Congress of Meat Science and Technology. Edited by Zhou and Zhang. China Agricultural University Press. p. 61-62.

## ผลของการใช้น้ำมันหอมระเหยโหระพาต่อคุณภาพด้านจุลินทรีย์และกายภาพ ในเนื้อสันนอกสุกรบด

### Effect of Sweet Basil Essential Oil (*Ocimum basilicum*) on Microbial and Physical Quality of Ground Pork Loin

อังคณา ทุมดี<sup>1,\*</sup>, พรชัย เหลืองวารี<sup>2</sup> และคมแข พิลาสสมบัติ<sup>1</sup>

Angkana Thumdee<sup>1,\*</sup>, Pornchai Luangvaree<sup>2</sup> and Komkhae Pilasombut<sup>1</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
กรุงเทพฯ 10520

<sup>2</sup>คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จันทบุรี 22000

<sup>1</sup>Department of Animal Production Technology and Fisheries, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of  
Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520

<sup>2</sup>Faculty of Agricultural Technology, Rambhai Barni Rajabhat University, Chantaburi 22000

Corresponding author: aung\_p@yahoo.com

#### บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยโหระพาต่อการเจริญของจุลินทรีย์และคุณภาพทางกายภาพของเนื้อสันนอกสุกรบดที่บรรจุในกล่องพลาสติกเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 1 3 และ 5 วัน แบ่งสิ่งทดลองเป็น 3 ชุด ได้แก่ 1) ชุดควบคุม 2) ชุดที่ใช้กระดาษกรอง 1 แผ่น หยดน้ำมันหอมระเหยโหระพาปริมาตร 20 ไมโครลิตร และ 3) ชุดที่ใช้กระดาษกรอง 2 แผ่น หยดน้ำมันหอมระเหยแผ่นละ 10 ไมโครลิตร ติดไว้ในกล่องพลาสติก ทำการศึกษาคุณภาพด้านจุลินทรีย์ พบว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ในอุณหภูมิต่ำ จำนวนเชื้อราและยีสต์ จำนวนโคลิฟอร์ม (*Coliform*) และ *Escherichia coli* ของทั้ง 3 ชุด ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p>0.05$ ) นอกจากนี้ผลศึกษาคุณภาพด้านกายภาพพบว่าชุดที่ใช้สารสกัดจากโหระพามีแนวโน้มของค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำหนักระหว่างการเก็บรักษามากกว่ากลุ่มควบคุม ส่วนการวัดค่าสีได้แก่ ความสว่าง ( $L^*$ ) สีแดง ( $a^*$ ) และสีเหลือง ( $b^*$ ) ของเนื้อสันนอกสุกรบด มีค่าไม่แตกต่างจากชุดควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 5 วัน ( $p>0.05$ )

**คำสำคัญ:** น้ำมันหอมระเหยโหระพา เชื้อจุลินทรีย์ เนื้อสันนอกสุกรบด

#### Abstract

The purpose of this research was to study the effect of sweet basil essential oil on microbial growth and physical quality of ground pork loin packed in plastic boxes at 4 °C and stored for 0, 1, 3, and 5 days. These samples were divided into 3 treatments : a control group, a group having a 20 µl of essential oil dropped on a filter paper and a group of 2 filter papers and each one applied with 10 µl of essential oil stuck in the keeping plastic boxes. The results on microbial quality showed that total microbial count, psychrotropic bacteria, number of yeast and mold, total coliform and *Escherichia coli* were not significant different among treatments ( $p>0.05$ ). In addition, the physical property study showed that

the essential oil groups were likely to have more percentage of %drip loss during storage than the control group. The color measurement showed that lightness ( $L^*$ ), redness ( $a^*$ ) and yellowness ( $b^*$ ) of the essential oil groups were not significant difference from the control during 5 day storage ( $p>0.05$ ).

**Keywords:** sweet basil essential oil, microorganism, ground pork loin

## บทนำ

เชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคที่พบปนเปื้อนในเนื้อสุกรได้แก่ *Salmonella* sp., *Campylobacter* sp., *E. coli*, *Yersinia* sp. และ *Listeria* sp. โดยทั่วไปแล้ว *Listeria* sp. มักพบในสภาพแวดล้อมทั่วไป ซึ่งอาจปนเปื้อนมากับตัวสัตว์ที่มีชีวิต และแพร่กระจายมายังโรงฆ่าสัตว์ ทำให้เกิดการปนเปื้อนในเนื้อสุกร ส่วน *Salmonella* sp. *Campylobacter* sp. *E. coli* และ *Yersinia* sp. พบในระบบทางเดินอาหารและอุจจาระของสัตว์ จึงสามารถแพร่กระจายมายังบริเวณผิวหนังของสุกร การปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์บนเนื้อสัตว์ซึ่งนับว่าเป็นปัญหาสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศไทยที่มีสภาพอากาศร้อนชื้น เหมาะแก่การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนบนเนื้อสัตว์ (Ockerman et al., 2001) อีกทั้งเนื้อสัตว์ยังเป็นอาหารที่เหมาะสมแก่การเจริญของจุลินทรีย์เนื่องจากมีน้ำและสารอาหารหลายชนิดเป็นองค์ประกอบ การปนเปื้อนจึงเกิดได้ในทุกขั้นตอนตั้งแต่อยู่ในฟาร์ม ขนส่ง และกระบวนการฆ่าในโรงฆ่าสัตว์ (Smulders and VanLaack, 1992) ในปัจจุบันผู้บริโภคสนใจในสุขภาพมากขึ้น โดยมีหลักเลี่ยงการบริโภคอาหารที่มีสารเคมีเป็นส่วนประกอบ ซึ่งวิธีการลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์บนเนื้อสัตว์โดยการใช้น้ำมันหอมระเหยโหระพา จากการศึกษาของ Runyaro (2009) น้ำมันโหระพาประกอบด้วยองค์ประกอบหลักมีทั้งอนุพันธ์ของ phenyl propane และ terpenoids รวมทั้ง methyl eugenol 1,8-cineole camphor bornyl acetate germacrene-D E-myroxide germacrene-B caryophyllene oxide และ p-cymene จากนั้นนำน้ำมันหอมระเหยที่ได้มาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรีย พบว่า *O. basilicum* มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterobacter cloacae*, *Klebsiella pneumoniae* และ *Escherichia coli* จึงอาจเป็นทางเลือกในการลดการใช้สารเคมีเพื่อใช้ยับยั้งการเจริญและทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนบนเนื้อสัตว์ เพื่อรักษาคุณภาพ ยืดอายุในการเก็บรักษา และเพิ่มความปลอดภัยในการบริโภค ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการนำน้ำมันหอมระเหยจากโหระพาซึ่งเป็นพืชที่พบทั่วไปในประเทศไทยมาใช้ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์และยืดอายุการเก็บรักษา

## วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากโหระพาในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์และคุณภาพทางกายภาพเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อสุกรบดที่ระยะเวลา 0 1 3 และ 5 วัน

## อุปกรณ์และวิธีการ

1. น้ำมันหอมระเหยโหระพา (*Ocimum basilicum*) ได้รับความอนุเคราะห์จาก รองศาสตราจารย์ ดร. จำรูญ เล้าสินวัฒนา สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. ตัวอย่างเนื้อสันนอกสุกร (*Longissimus dorsi*) จากบริษัทเฟรชมิท โพรเซสซิง จำกัด จังหวัดนครปฐม นำมาบดละเอียดด้วยเครื่องบดเนื้อ แล้วบรรจุเนื้อบดในกล่องพลาสติก กล่องละ 100 กรัม จำนวน 36 กล่อง กล่องบรรจุเนื้อทั้งหมดแบ่งออกเป็น 3 ชุด ชุดละ 3 ซ้ำ ดังนี้  
ชุดที่ 1 ชุดควบคุม คือ ไม่มีการใช้น้ำมันหอมระเหย จำนวน 12 กล่อง  
ชุดที่ 2 ชุดที่ใช้กระดาษกรอง 1 แผ่น หยดนํ้ามันหอมระเหย 20 ไมโครลิตร ตัดในกล่องเก็บเนื้อ จำนวน 12 กล่อง  
ชุดที่ 3 ชุดที่ใช้กระดาษกรอง 2 แผ่น หยดนํ้ามันหอมระเหยแผ่นละ 10 ไมโครลิตร ตัดในกล่องเก็บเนื้อ จำนวน 12 กล่อง  
กล่องเนื้อทั้งหมดถูกนำไปเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน
3. นำเนื้อที่เก็บไว้มาตรวจคุณภาพด้านจุลินทรีย์และกายภาพหลังจากการเก็บไว้เป็นเวลานาน 0 1 3 และ 5 วัน
4. คุณภาพด้านจุลินทรีย์และกายภาพ
  - 4.1 คุณภาพด้านจุลินทรีย์ ตรวจจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC., 2006) จำนวนจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ในอุณหภูมิต่ำ (Diliello, 1982) จำนวนเชื้อราและยีสต์ (AOAC, 2006) จำนวนโคลิฟอร์ม (Coliform) และ *E. coli* (AOAC, 2006)
  - 4.2 คุณภาพด้านกายภาพ วิเคราะห์ ค่าสี  $L^*$  (Lightness)  $a^*$  (redness) และ  $b^*$  (yellowness) (HunterLab รุ่น Miniscan) และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษา

#### การวิเคราะห์ข้อมูลสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) วิเคราะห์ข้อมูลโดย Analysis of Variance วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test อันเนื่องมาจากผลของการเติมน้ำมันหอมระเหยที่กระดาษกรอง โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

### ผลการศึกษาและวิจารณ์

#### ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยโหระพาที่มีผลต่อคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของเนื้อสันนอกสุกรบด

จากผลการศึกษาจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ในอุณหภูมิต่ำ จำนวนเชื้อราและยีสต์ และจำนวนโคลิฟอร์ม พบว่าในชุดควบคุมไม่แตกต่างทางสถิติกับชุดที่หยदन้ำมันหอมระเหยโหระพา 1 และ 2 แผ่น ที่กระดาษกรอง เมื่อเก็บรักษาเนื้อที่อุณหภูมิ 0 - 4 °C เป็นเวลา 5 วัน กล่าวคือ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อสันนอกบดมีค่าเริ่มต้น 4.61 – 4.65 log cfu/g (ก่อนทำการทดลอง) เมื่อครบ 5 วัน จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของชุดควบคุม ชุดที่ใช้กระดาษกรอง 1 และ 2 แผ่น หยदन้ำมันหอมระเหยตัดในกล่องเก็บเนื้อ เท่ากับ 4.75 4.80 และ 4.95 log cfu/g ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ส่วนจำนวนจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ในอุณหภูมิต่ำในเนื้อสันนอกบดมีค่าเริ่มต้น 4.69 – 4.81 log cfu/g (ก่อนทำการทดลอง) และน้ำมันหอมระเหยโหระพาไม่สามารถลดจุลินทรีย์ที่เจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำบนเนื้อสุกรบดได้ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยวันที่ 5 มีค่า 5.51 5.32 และ 5.40 log cfu/g ตามลำดับ (ตารางที่ 2) จำนวนเชื้อราและยีสต์ในเนื้อสันนอกบดมีค่าเริ่มต้น 2.85 – 2.99 log cfu/g (ก่อนทำการทดลอง) มีค่าใกล้เคียงกับเชื้อเริ่มต้น และในแต่ละวันจำนวนเชื้อราและยีสต์มีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 3 กลุ่ม เมื่อผ่านไป 5 วัน มีค่าเท่ากับ 3.29 3.38 และ 3.19 log cfu/g. ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ส่วนจำนวนโคลิฟอร์ม (Coliform) ในวัน

เริ่มต้นก่อนทำการทดลอง เท่ากับ 3.33 - 3.39 log MPN/g ซึ่งลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 5 วัน เท่ากับ 2.71 2.77 และ 2.72 log MPN/g ตามลำดับ (ตารางที่ 4) นอกจากนี้ตรวจไม่พบ *E. coli* (<3 log MPN/g) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 5 วัน (ไม่ได้แสดงข้อมูล)

ตารางที่ 1 ผลของการติดกระดาษกรองที่หยดน้ำมันหอมระเหยโหระพาต่อจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

| ชุดที่                     | จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu/g) |           |           |           |
|----------------------------|------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
|                            | วันที่ 0                           | วันที่ 1  | วันที่ 3  | วันที่ 5  |
| ชุดควบคุม                  | 4.65±0.31                          | 4.75±0.19 | 4.70±0.56 | 4.75±0.39 |
| ชุดที่ติดกระดาษกรอง 1 แผ่น | 4.62±0.43                          | 4.55±0.25 | 4.89±0.38 | 4.80±0.41 |
| ชุดที่ติดกระดาษกรอง 2 แผ่น | 4.61±0.26                          | 4.67±0.21 | 4.75±0.43 | 4.95±0.49 |

ตารางที่ 2 ผลของการติดกระดาษกรองที่หยดน้ำมันหอมระเหยโหระพาต่อจำนวนจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ในอุณหภูมิต่ำ

| ชุดที่                     | จำนวนจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ในอุณหภูมิต่ำ (log cfu/g) |           |           |           |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
|                            | วันที่ 0                                                  | วันที่ 1  | วันที่ 3  | วันที่ 5  |
| ชุดควบคุม                  | 4.75±0.40                                                 | 4.84±0.35 | 3.87±1.00 | 5.51±0.77 |
| ชุดที่ติดกระดาษกรอง 1 แผ่น | 4.81±0.46                                                 | 5.19±0.88 | 4.91±0.73 | 5.32±0.70 |
| ชุดที่ติดกระดาษกรอง 2 แผ่น | 4.69±0.40                                                 | 5.00±0.56 | 4.79±0.69 | 5.40±1.24 |

ตารางที่ 3 ผลของการติดกระดาษกรองที่หยดน้ำมันหอมระเหยโหระพาต่อจำนวนยีสต์และรา

| ชุดที่                     | จำนวนยีสต์และรา (log cfu/g) |           |           |           |
|----------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|
|                            | วันที่ 0                    | วันที่ 1  | วันที่ 3  | วันที่ 5  |
| ชุดควบคุม                  | 2.85±0.24                   | 2.82±0.04 | 3.32±0.42 | 3.29±0.42 |
| ชุดที่ติดกระดาษกรอง 1 แผ่น | 2.97±0.32                   | 2.89±0.20 | 3.09±0.51 | 3.38±0.42 |
| ชุดที่ติดกระดาษกรอง 2 แผ่น | 2.99±0.15                   | 2.74±0.49 | 3.14±0.46 | 3.19±0.37 |

ตารางที่ 4 ผลของการติดกระดาษกรองที่หยดน้ำมันหอมระเหยโหระพาต่อจำนวนโคลิฟอร์ม

| ชุดที่                     | จำนวนโคลิฟอร์ม (log MPN/g) |           |           |           |
|----------------------------|----------------------------|-----------|-----------|-----------|
|                            | วันที่ 0                   | วันที่ 1  | วันที่ 3  | วันที่ 5  |
| ชุดควบคุม                  | 3.39±0.53                  | 3.15±0.39 | 2.77±0.19 | 2.71±0.31 |
| ชุดที่ติดกระดาษกรอง 1 แผ่น | 3.33±0.51                  | 3.05±0.31 | 2.91±0.22 | 2.77±0.19 |
| ชุดที่ติดกระดาษกรอง 2 แผ่น | 3.39±0.53                  | 3.14±0.54 | 2.97±0.44 | 2.72±0.30 |

การที่น้ำมันหอมระเหยโหระพาไม่สามารถลดจุลินทรีย์ได้น่าจะเนื่องมาจากวิธีการใช้ไม่เหมาะสม คือน้ำมันเป็นสารระเหยและเมื่อหยดน้ำมันหอมระเหยโหระพานบนกระดาษกรอง สารระเหยจะสัมผัสเฉพาะบริเวณผิวหน้าของเนื้อสุกรบดเท่านั้น และไม่ได้สัมผัสกับเนื้อสุกรบดเพียงอย่างเดียวแต่ส่วนหนึ่งจะไปจับกับโปรตีน ไขมันต่างๆ ที่อยู่ในเนื้อ และไขมันจะป้องกันตัวเซลล์ด้านนอก (Zhang et al., 2009) ทำให้สารที่จะจับกับเชื้อจุลินทรีย์มีจำนวนน้อยลง ดังนั้นน้ำมันหอมระเหยจึงไม่สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ เพราะจุลินทรีย์ที่ไม่ได้ถูกสารจับจะมีชีวิตรอดและเพิ่มปริมาณขึ้นอีกเมื่อสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ (คมแข, 2553) นอกจากนี้ ในเนื้อสุกรอาจมีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์หลายชนิดที่น้ำมันหอมระเหยไม่สามารถยับยั้งได้ ทำให้ไม่มีประสิทธิภาพในการลด

เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Pilasombut *et al.*, 2010) และความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยโหระพาอาจไม่เพียงพอที่จะยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ สอดคล้องกับการทดลองของ Salomakos *et al.* (2008) ได้ใช้น้ำมันหอมระเหยที่ความเข้มข้น 0.3 0.6 และ 0.9% ยับยั้ง *E. coli* O157:H7 ในเนื้อบดแช่เย็น 4 องศาเซลเซียส พบว่าที่ความเข้มข้น 0.3% ไม่สามารถยับยั้งได้ ส่วนที่ 0.6 และ 0.9% สามารถยับยั้ง *E. coli* O157:H7 ได้ และ Rattanachaikunsopon and Phumkhachorn (2010) พบว่า การใช้น้ำมันหอมระเหยโหระพาที่ความเข้มข้น 20 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของ *Salmonella* Enteritidis SE3 ในหลอดทดลอง แต่เมื่อนำมาใช้กับแฮมต้องใช้เวลาความเข้มข้น 100 และ 150 ppm ซึ่งความเข้มข้นมากกว่า 5-7.5 เท่า จึงจะสามารถยับยั้งได้ โดยมีผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคคือ ที่ความเข้มข้น 100 ppm ผู้บริโภคให้การยอมรับ ส่วนที่ความเข้มข้น 150 ppm ไม่ให้การยอมรับ

### ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยโหระพาที่มีผลต่อคุณภาพด้านกายภาพของเนื้อสันนอกสุกรบด

ค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษาพบว่าในทุกชุดการทดลองและระยะเวลาการเก็บรักษาตั้งแต่ 1 ถึง 5 วัน เนื้อสุกรบดมีค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษา โดยชุดที่ใช้น้ำมันหอมระเหยโหระพามีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าชุดควบคุม ( $p>0.05$ ) ดังแสดงในตารางที่ 5 ส่วนค่าสี ได้แก่ ค่าความสว่าง (Lightness,  $L^*$ ) ค่าสีแดง (Redness,  $a^*$ ) และค่าสีเหลือง (yellowness,  $b^*$ ) ของเนื้อสันนอกสุกรบด ทั้ง 3 ชุด ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 5 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p>0.05$ ) (ตารางที่ 6) ผลของการใช้น้ำมันหอมระเหยโหระพา ทั้งชุดควบคุม และชุดที่ติดกระดาษกรองที่หยदन้ำมันหอมระเหยโหระพาไว้บริเวณผากรอง 1 และ 2 แผ่น ต่อค่าสี พบว่าค่าความสว่าง ( $L^*$ ) และค่าสีแดง ( $a^*$ ) ของเนื้อสันนอกสุกรบดลดลงเล็กน้อยเมื่อเวลาการเก็บมีระยะเวลานานขึ้นและมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าสีของเนื้อค่อยเปลี่ยนจากสีแดงสด ทั้งนี้อาจเกิดเนื่องจากความสามารถในการจับกับออกซิเจนของไมโอโกลบินสูญเสียไปและเกิดการเสื่อมสภาพของไมโอโกลบินจึงทำให้สีของเนื้อเปลี่ยนไป แต่อย่างไรก็ตามการชะลอการเปลี่ยนแปลงของสีเนื่องจากการออกซิเดชันของออกซิไมโอโกลบินสามารถทำได้โดยการรักษาเนื้อสัตว์ที่อุณหภูมิต่ำ (สุรสิทธิ์และคณะ, 2551) ค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) มีค่ามากขึ้นเล็กน้อยเมื่อเก็บนานขึ้น ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $p>0.05$ )

ตารางที่ 5 ผลของการติดกระดาษกรองที่หยदन้ำมันหอมระเหยโหระพาต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษา

| ชุดที่                     | เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษา |           |           |
|----------------------------|-------------------------------------------------|-----------|-----------|
|                            | วันที่ 1                                        | วันที่ 3  | วันที่ 5  |
| ชุดควบคุม                  | 0.32±0.23                                       | 0.57±0.45 | 0.47±0.17 |
| ชุดที่ติดกระดาษกรอง 1 แผ่น | 0.72±0.28                                       | 0.82±0.49 | 0.85±0.14 |
| ชุดที่ติดกระดาษกรอง 2 แผ่น | 0.78±0.39                                       | 1.32±0.34 | 1.36±0.47 |

ตารางที่ 6 ผลของการติดกระดาษกรองที่หยदन้ำมันหอมระเหยโหระพาต่อค่าสี

| วัน      | ค่าสี      |            |           |                            |            |           |                            |            |           |
|----------|------------|------------|-----------|----------------------------|------------|-----------|----------------------------|------------|-----------|
|          | ชุดควบคุม  |            |           | ชุดที่ติดกระดาษกรอง 1 แผ่น |            |           | ชุดที่ติดกระดาษกรอง 2 แผ่น |            |           |
|          | $L^*$      | $a^*$      | $b^*$     | $L^*$                      | $a^*$      | $b^*$     | $L^*$                      | $a^*$      | $b^*$     |
| วันที่ 0 | 54.95±0.27 | 15.68±0.78 | 6.58±0.34 | 54.05±0.66                 | 15.28±0.40 | 6.57±0.03 | 54.64±0.61                 | 15.31±0.38 | 6.57±0.09 |
| วันที่ 1 | 53.04±0.68 | 15.08±0.18 | 6.66±0.25 | 52.79±0.60                 | 15.17±0.37 | 6.68±0.22 | 53.20±0.57                 | 15.05±0.04 | 6.61±0.20 |
| วันที่ 3 | 52.63±0.79 | 14.69±0.70 | 6.80±0.07 | 52.74±0.91                 | 14.81±0.28 | 6.70±0.33 | 52.69±1.07                 | 14.89±0.02 | 6.74±0.14 |
| วันที่ 5 | 52.24±0.70 | 14.26±0.17 | 6.86±0.02 | 52.34±0.57                 | 14.48±0.45 | 6.82±0.04 | 52.07±0.68                 | 14.95±0.24 | 6.77±0.09 |

### สรุปและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาคุณภาพด้านจุลินทรีย์ในเนื้อสันนอกสุกรบดได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ในอุณหภูมิห้อง จำนวนเชื้อราและยีสต์ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย และ *E. coli* และคุณภาพทางด้านกายภาพของเนื้อสันนอกสุกรบด ได้แก่ ค่าสี และ ค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษา ของชุดควบคุม ชุดที่ใช้กระดาษกรอง 1 แผ่น หยดน้ำมันหอมระเหยโหระพา (ความเข้มข้น 10,000 ppm) ปริมาตร 20 ไมโครลิตร และ ชุดที่ใช้กระดาษกรอง 2 แผ่น หยดน้ำมันหอมระเหยแผ่นละ 10 ไมโครลิตร ติดไว้ในกล่องพลาสติกพบว่า มีค่าคุณภาพด้านจุลินทรีย์และกายภาพไม่แตกต่างทางสถิติทั้ง 3 ชุด

### เอกสารอ้างอิง

- คมแห พิลาสมบัติ. 2553. ผลของการใช้ชาเขียวในการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์บนเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ. 137 น.
- สุรสีห์ วัฒนวิกิภัยและคณะ. 2551. สถานการณ์ความปลอดภัยของเนื้อสุกรและข้อเสนอแนะแนวทางการบริหารจัดการความปลอดภัยด้านอาหารของเนื้อสุกรในจังหวัดนครราชสีมาและพัทลุง. [online] Available: [www.knit.or.th/images/documents/report/2551/food/p](http://www.knit.or.th/images/documents/report/2551/food/p).
- AOAC. 2006. Official methods of analysis of AOAC international. AOAC international, Maryland
- Diliello, L.R. 1982. Method in food and dairy microbiology. Connecticut. AVI publishing company, Inc.
- Ockerman, H.W., K. Pilasombat, J. Sethakul and Y. Opatpatanakit. 2001. Reduction of bacterial contamination of pork by using a lactic acid dip solutions. In research and reviews: meat. M.L. Eastridge (Ed.). The Ohio State University, U.S.A.
- Pilasombut, K., N. Ngamyeesoon and J.Sethakul. 2010. Antimicrobial activity of green tea extract (*Camellia Sinensis*) on refrigerated ground pork. the 56th International Congress of Meat Science and Technology, August 15-20, 2010, Jeju, Korea.
- Runyar D., O. Ngassapa, K. Vagionas, N. Aligiannis, K. Graikou and I. Chinou. 2010. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils of four *Ocimum* spices growing in Tanzania. Food Chem. 119: 331-316
- Rattanachaikunsopon, P. and P. Phumkhachorn. 2010. Antimicrobial activity of Basil (*Ocimum basilicum*) oil against *Salmonella* Enteridis *in vitro* and in food. Biosci. Biotechnol. Biochem. 74: 1200–1204.
- Solomakos, N., A. Govaris, P. Koidis and N. Botsoglou. 2008. The antimicrobial effect of thyme essential oil, nisin and their combination against *Escherichia coli* O157:H7 in minced beef during refrigerated storage. Meat Sci. 80: 159–166.
- Smulders, F.J.M. and R.L.J.M. Van Laack. 1992. On the quality of pork 1. Microbiological concerns. Fleischwirts ch. 72: 888-890.
- Zhang, H., B. Kong, Y.L. Xiong and X. Sun. 2009. Antimicrobial activities of spice extracts against pathogenic and spoilage bacteria in modified atmosphere packaged fresh pork and vacuum packaged ham slices stored at 4 °C. Meat Sci. 81: 686–692.

## การทำความสะอาดกระเพาะโคโดยใช้เครื่องล้างแบบกึ่งอัตโนมัติ Cleaning Cow Tripe by Using a Semi-Automatic Washing Machine

ศศิธร นาคทอง<sup>1,2</sup>, สุกัญญา วิชชุกิจ<sup>3,\*</sup>, เสาวนิต วุฒิไกรรัตน์<sup>2</sup> และ พีรยุทธ นิลชื่น<sup>2</sup>  
Sasitorn Nakthong<sup>1,2</sup>, Sukanya Wichchukit<sup>3,\*</sup>, Sauwanit Wutthikrairat<sup>2</sup>, and Peerayut Nilchuen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม

<sup>2</sup>ศูนย์วิจัยและพัฒนาผลิตผลจากสัตว์ สถาบันสุวรรณวาลกสิกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม

<sup>3</sup>ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

<sup>1</sup>Department of Animal Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University,  
Kamphaeng Saen campus, Nakorn Pathom, Thailand

<sup>2</sup>Animal Produce R & D Center, Suwanvajokkasikit Animal R & D Institute, Kasetsart University,  
Kamphaeng Saen Campus, Nakorn Pathom, Thailand

<sup>3</sup>Department of Food Engineering, Kasetsart University, Kamphaeng Saen campus, Nakorn Pathom, Thailand

\*Corresponding author: fengskw@nontri.ku.ac.th, wichchukit@yahoo.com

### บทคัดย่อ

การทำความสะอาดกระเพาะโคโดยใช้เครื่องล้างแบบกึ่งอัตโนมัติ ทำโดยนำกระเพาะรังผึ้ง ผ้าขี้ริ้ว และสามสิบกลีบใส่ถุงตาข่าย แล้วนำมาล้างในเครื่องซักผ้าด้วยสารละลายปูนขาวในอัตราส่วน 1 กิโลกรัม ต่อ น้ำ 20 ลิตร ทำการวัดความสะอาดของกระเพาะโคที่เวลา 10 20 30 และ 50 นาที ของการล้าง การทดลองมีการใช้ใบพัดหมุนชัก 2 แบบคือใบพัดพลาสติกที่มากับเครื่องซักผ้า และใบพัดสแตนเลสที่ออกแบบขึ้นใหม่ พบว่าผลของความสะอาดขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้ในการล้าง กระเพาะสามสิบกลีบทำความสะอาดได้ง่ายและเร็วกว่ากระเพาะส่วนอื่น ใบพัดหมุนชักพลาสติกมีครีบทวนช่วยเพิ่มการหมุนพัดสารละลายปูนขาว อีกทั้งมีน้ำหนักน้อย ทำให้หมุนเหวี่ยงสารละลายปูนขาวได้เร็วกว่า ทำให้ทำความสะอาดกระเพาะรังผึ้งได้ดีกว่าใบพัดสแตนเลส ในขณะที่ใบพัดสแตนเลสมีน้ำหนักมาก ทำให้สามารถหมุนกวาดสารละลายปูนขาวได้ปริมาณมาก และเหวี่ยงสารละลายปูนขาว ให้เกิดแรงมากกว่า ทำให้ทำความสะอาดกระเพาะผ้าขี้ริ้วได้ดีกว่าใบพัดพลาสติก และยังช่วยแก้ปัญหาการติดค้างของตะกอนทั้งได้ดี อย่างไรก็ตาม เพื่อหลีกเลี่ยงการเน่าเสีย การล้างกระเพาะจำเป็นต้องใช้เวลาสั้น การขัดถูเพิ่มเติมภายนอกหลังการล้างด้วยเครื่องไม่เกิน 20 นาที หรือการออกแบบกลไกการขัดถูในเครื่องล้าง อาจเป็นแนวทางพัฒนาให้วิธีการนี้ใช้งานในระดับอุตสาหกรรมได้ดีขึ้น

**คำสำคัญ:** กระเพาะโค เครื่องซักผ้า ปูนขาว

### Abstract

Cleaning cow tripe by using a semi-automatic washing machine was done by embracing the reticulum, rumen, and omasum samples in a washing bag. Then, the bag of tripe was transferred to be washed in a washer with lime solution at the concentration of 1 kg of lime powder per 20 L of water. The cleanliness of cow tripe samples were measured at 10, 20, 30, and 50 minutes of washing time. Two types of washing impeller were used, an original plastic impeller of the washer and a new designed stainless

steel impeller. The result showed that the cleanliness was dependent on the washing time. The omasum sample was cleaned easier and faster than the others. The rotating fins of the plastic impeller may enhance more rotating flow of lime solution. Its less weight may enhance faster rotating flow of the solution, consequently providing better cleaning of the reticulum sample than the stainless steel impeller. Being a heavy impeller; the stainless steel impeller's single rotation may get a large amount of lime solution and cause higher force of rotating flow of the solution, consequently providing better cleaning of the rumen sample than the plastic impeller. It also clears a problem of waste residue sticking on an impeller. However, to avoid the spoilage of cow tripe, the washing time must be short. External extra scrubbing after the tripe has been washed by the washer for 20 min may be applied or a design of a scrubbing unit being built in a washer may be a choice for developing this cleaning method to be suitable for the industry's use.

**Keyword:** cow tripe, washing machine, lime

## บทนำ

คนไทยจำนวนไม่น้อยนิยมบริโภคเครื่องในโค ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องในโคมีราคาถูก สามารถนำมาประกอบอาหารได้หลายชนิด โดยเฉพาะอาหารอีสาน เช่น ต้มแซบ และลาบ เป็นต้น ซึ่งนอกจากจะให้รสชาติอร่อยและเนื้อสัมผัสที่ดีแล้ว ยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เนื่องจากเป็นแหล่งโปรตีนและแร่ธาตุที่สำคัญ เช่น ธาตุเหล็กซึ่งมีอยู่สูงในตับ เป็นต้น ปัจจุบันพบว่านอกจากจะมีการบริโภคเครื่องในโคที่ผลิตได้ภายในประเทศแล้ว ยังมีการนำเข้าจากต่างประเทศ เช่น ประเทศนิวซีแลนด์ และออสเตรเลีย จากแนวโน้มการนำเข้าที่สูงขึ้น แสดงให้เห็นถึงความนิยมของผู้บริโภคในประเทศไทยเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตาม กระบวนการล้างทำความสะอาดเครื่องในโคโดยเฉพาะกระเพาะอาหารของโคนั้น ส่วนใหญ่ยังไม่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค เนื่องจากกระเพาะโคมีลักษณะเป็นกลีบ ซอก ทำให้ล้างทำความสะอาดได้ค่อนข้างยาก ผู้ประกอบการบางรายจึงใช้สารเคมีในการฟอกขาวและเพิ่มเนื้อสัมผัสให้กับกระเพาะโคเพื่อให้กระเพาะโคขาวสะอาด ปราศจากเนื้อเยื่อสีดำ มีเนื้อฟู และกรอบ นำมารับประทาน โดยไม่คำนึงถึงการตกค้างของสารเคมีที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภค (ปัทย์, 2553) ศศิธร และคณะ (2553) และ ปัทย์ (2553) พบว่าการใช้น้ำร้อนลวก แล้วขูดล้างทำความสะอาดกระเพาะโคเป็นวิธีที่สะอาดและปลอดภัยมากที่สุด แต่วิธีนี้มีข้อจำกัดคือ ใช้เวลานานในการขูดล้าง ถึงแม้ว่าวิธีการนี้จะตอบโจทย์ด้านอาหารปลอดภัย แต่ไม่ได้ตอบโจทย์อุตสาหกรรมในการล้างกระเพาะโคในแง่ของปริมาณและเวลา ผู้ประกอบการหลายรายจึงหันมาใช้ปูนขาวในการทำ ความสะอาดกระเพาะโค ซึ่งปูนขาวทำให้เนื้อเยื่อสีดำพองร่น ทำให้ขูดหรือขัดออกจากผนังกระเพาะโคได้ง่าย อย่างไรก็ตาม ผู้ประกอบการหลายรายใช้พนักงานใส่รองเท้าบูตเหยียบขยี้ล้างทำความสะอาดกระเพาะโคแทนการ ขัดด้วยแปรง และใช้ปูนขาวในปริมาณที่ไม่เหมาะสม จากเหตุผลที่กล่าวมาเกี่ยวกับการทดลองเบื้องต้น ผู้วิจัยจึงได้เสนอแนวทางพัฒนากระบวนการล้างทำความสะอาดกระเพาะโคให้สะอาด ปลอดภัยต่อผู้บริโภค และตอบโจทย์ อุตสาหกรรม โดยประยุกต์เครื่องซักผ้าแบบกึ่งอัตโนมัติเป็นเครื่องล้าง ทำให้เกิดการชะล้างด้วยแรงน้ำ ซึ่งเกิดจากการหมุนของใบพัดหมุนซักของเครื่องซักผ้า ทำให้เกิดการไหลแบบปั่นป่วนของน้ำ เกิดการไหลวนในแนวดิ่ง (vortex) (Hockey and Nouri, 1996) ช่วยยกชิ้นส่วนกระเพาะให้ลอยขึ้นพร้อมการชะล้างในแนวดิ่ง ส่วนหมุนใบพัด ช่วยให้น้ำไหลกระจายออก ช่วยการชะล้างในแนวราบ การหมุนไปกลับของใบพัดจะช่วยให้ชิ้นส่วนกระเพาะไม่หมุน พันกันและเกิดการชะล้างอย่างทั่วถึง เติมน้ำในปริมาณที่เหมาะสมในการทำให้น้ำเยื่อสีดำพองร่น ทำให้ง่ายต่อ

การชะล้าง ร่วมกับถุงผ้าตาข่ายเพื่อช่วยขัดสีและกักเก็บเนื้อเยื่อสัตว์ที่หลุดลอก นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังคำนึงถึงการทำความสะอาดเครื่องล้างหลังจากเสร็จสิ้นการล้างกระเพาะโค จึงได้ศึกษาผลการทำความสะอาดกระเพาะโคเปรียบเทียบระหว่างไบพัตหมุนชักที่มากับเครื่องชักผ้ากับไบพัตที่ออกแบบขึ้นใหม่เพื่อให้ง่ายต่อการทำความสะอาดอีกด้วย

### วัตถุประสงค์

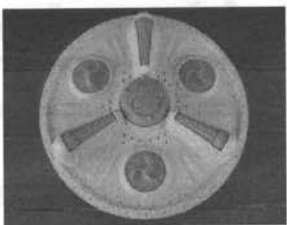
1. เพื่อศึกษาการทำความสะอาดกระเพาะโคโดยใช้เครื่องชักผ้าแบบกึ่งอัตโนมัติร่วมด้วยปูนขาวและถุงผ้าตาข่าย
2. เพื่อเปรียบเทียบผลการล้างกระเพาะโคระหว่างไบพัตหมุนชักที่มากับเครื่องชักผ้าและไบพัตที่ออกแบบขึ้นใหม่

### อุปกรณ์และวิธีการ

ตัดกระเพาะโคพันธุ์กำแพงแสนแยกออกเป็น 3 ส่วน คือ ผ้าชีรี้ว สามสิบกลีบ และรังผึ้ง จากนั้นตัดแบ่งแต่ละส่วนออกเป็น 4 ชิ้นขนาดใกล้เคียงกัน (น้ำหนักเฉลี่ยต่อชิ้นประมาณ 610 กรัมสำหรับผ้าชีรี้ว 514 กรัมสำหรับสามสิบกลีบ และ 196 กรัมสำหรับรังผึ้ง) ทำการวัดพื้นที่ของกระเพาะโคทุกชิ้น จากนั้นนำกระเพาะโคทุกส่วน อย่างละ 1 ชิ้น ใส่รวมกันในถุงผ้าตาข่าย แล้วนำไปล้างในเครื่องชักผ้าแบบกึ่งอัตโนมัติ (ยี่ห้อ LG รุ่น WP-1650ROT ขนาด 13 กิโลกรัม กำลังไฟฟ้า 420 วัตต์) โดยผสมปูนขาว 1 กิโลกรัม ต่อ น้ำ 20 ลิตร ระหว่างการล้าง กระเพาะโคถูกนำออกมาวัดพื้นที่ที่เนื้อเยื่อสัตว์หลุดออกเป็นสีขาวสะอาด ณ เวลา 10 20 30 และ 50 นาที จากนั้นนำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์ความสะอาดดังสมการ (1) การทดลองนี้ใช้ไบพัตหมุนชัก 2 แบบ (ภาพที่ 1) คือ ไบพัตพลาสติกที่มากับเครื่องชักผ้า และไบพัตสแตนเลส ซึ่งถูกออกแบบขึ้นใหม่ มีส่วนประกอบน้อยชิ้น มีชอกกมุนน้อย และไม่มีชิ้นส่วนเคลื่อนไหว เพื่อสะดวกในการล้างทำความสะอาด และลดการติดค้างสะสมของปูนขาวและเนื้อเยื่อสัตว์ที่หลุดลอกจากผนังกระเพาะโค ในแต่ละไบพัตมีการทดลองซ้ำ 4 ครั้ง

$$\% \text{ cleaning} = \frac{\text{cleaned area}}{\text{total area}} \times 100 \quad (1)$$

|     |              |     |                                  |
|-----|--------------|-----|----------------------------------|
| โดย | % cleaning   | คือ | เปอร์เซ็นต์ความสะอาดของกระเพาะโค |
|     | cleaned area | คือ | พื้นที่ของกระเพาะโคที่ขาวสะอาด   |
|     | total area   | คือ | พื้นที่ของกระเพาะโคทั้งหมด       |

| ไบพัตพลาสติก                                                                                                                                                   | ไบพัตสแตนเลส                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>เส้นผ่านศูนย์กลาง 40.2 ซม. หนา 2 มม.<br/>สูง 10.5 ซม. หนัก 0.97 กก.</p> |  <p>เส้นผ่านศูนย์กลาง 38 ซม. หนา 3 มม.<br/>สูง 11.5 ซม. หนัก 3.88 กก.</p> |

ภาพที่ 1 ไบพัตหมุนชักที่ใช้ในการทดลอง

### ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการล้างกระเพาะโคด้วยเครื่องซักผ้าแบบกึ่งอัตโนมัติ แสดงดังตารางที่ 1 และ 2 เมื่อพิจารณาในภาพรวมของใบพัดหมุนชักทั้งสองแบบ พบว่าระยะเวลาในการล้างกระเพาะโคมีผลต่อความสะอาดของกระเพาะโคทั้ง 3 ส่วน โดยเมื่อเวลาการล้างเพิ่มขึ้น กระเพาะโคสัมผัสกับสารละลายปูนขาวนานขึ้น ทำให้เนื้อเยื่อสีด้าที่ผนังกระเพาะพองร่นมากขึ้น และถูกขัดสีด้วยถุงตาข่ายร่วมกับการชะล้างด้วยแรงของสารละลายปูนขาวที่เกิดจากการปั่นเหวี่ยงของใบพัดหมุนชักนานขึ้น ส่งผลให้กระเพาะโคสะอาดมากขึ้น ซึ่งจะเห็นได้จากการล้างที่เวลานาน 10 นาที มีเปอร์เซ็นต์ความสะอาดของกระเพาะโคต่ำที่สุด และการซักล้างที่เวลานาน 50 นาที มีเปอร์เซ็นต์ความสะอาดของกระเพาะโคสูงที่สุด อย่างไรก็ตาม ถึงแม้การล้างจะมีความสะอาดมากขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น แต่อาจสวนทางกับข้อจำกัดด้านการนำเสียของกระเพาะโค เนื่องจากกระเพาะโคเป็นอาหารดิบทั่วไปที่เกิดการเน่าเสียได้ง่ายหากไม่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ และกระเพาะโคยังเต็มไปด้วยเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เนื้อเยื่อเน่าเปื่อยในปริมาณมาก มีผลทำให้เกิดการเน่าเสียที่รวดเร็วกว่าอาหารดิบอื่น การล้างจึงควรทำให้เสร็จสิ้นโดยเร็วที่สุด ซึ่งอาจประยุกต์การทำงานโดยใช้เครื่องล้างไม่เกิน 20 นาที หลังจากนั้นขัดสีเพิ่มเติมภายนอกด้วยมือหรือเครื่องมืออื่น หรือออกแบบเครื่องล้างให้มีชุดขัดสีในตัว จะตอบโจทย์อุตสาหกรรมได้ดีขึ้น ลักษณะการหลุดลอกของเนื้อเยื่อสีด้าจากผนังกระเพาะโคจะเริ่มจากจุดหนึ่ง แล้วขยายบริเวณเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการล้าง การหลุดลอกส่วนใหญ่จะขยายได้เร็วเมื่อเริ่มจากขอบด้านใดด้านหนึ่งของกระเพาะโค ในกรณีของกระเพาะสามลิบบก การหลุดลอกเริ่มจากส่วนปลายของรีวกลิบบไปยังส่วนขอบด้านบน ด้วยกลไกนี้และการมีเนื้อเยื่อสีด้าเกาะผนังบางกว่าในกระเพาะส่วนอื่น ส่งผลให้เกิดการหลุดลอกได้ง่ายและเร็วกว่ากระเพาะส่วนอื่น ซึ่งจะเห็นได้จากค่าเปอร์เซ็นต์ความสะอาดที่มีค่าสูงกว่าของกระเพาะส่วนอื่น และเกิดหลุดลอกเกือบสมบูรณ์ตั้งแต่ในช่วงการล้างที่เวลา 10 นาที และการมีเนื้อเยื่อสีด้าเกาะอยู่ที่ผนังหนากว่ากระเพาะส่วนอื่นของกระเพาะผ้าชีวรี

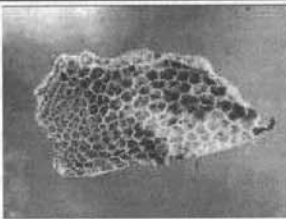
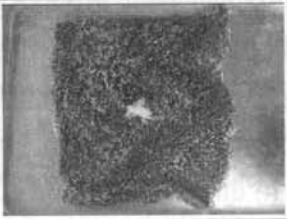
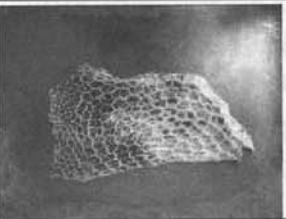
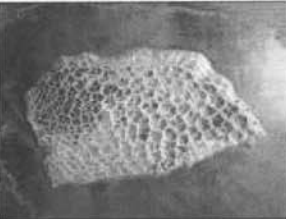
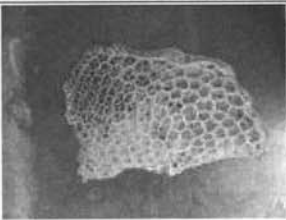
เมื่อพิจารณาผลระหว่างใบพัดหมุนชัก สิ่งที่มีมองเห็นได้ชัดเจนคือใบพัดพลาสติกให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความสะอาดของกระเพาะรังผึ้งสูงกว่าในกรณีของใบพัดสแตนเลส แต่ให้ผลกลับกันในกรณีของกระเพาะผ้าชีวรี กระเพาะรังผึ้งมีพื้นที่และน้ำหนักน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกระเพาะส่วนอื่น กระเพาะส่วนนี้มีความยากต่อการทำความสะอาดเนื่องจากมีลักษณะเป็นแอ่งคล้ายรูปหกเหลี่ยมที่ผนังด้านในที่เป็นที่เกาะของเนื้อเยื่อสีด้า จากภาพที่ 1 จะเห็นว่า ใบพัดพลาสติกมีส่วนหนุนใบพัดที่หมุนได้ เป็นครีบทรงกระบอก 3 ชั้นและครีบบพัดจานกลม 3 ชั้น ชั้นส่วนเหล่านี้ช่วยหมุนพัดสารละลายปูนขาวเพิ่มเติมในมุมมองหรือทิศทางอื่น ซึ่งอาจช่วยเสริมการชะล้างเนื้อเยื่อสีด้าในบริเวณแอ่งของกระเพาะรังผึ้ง นอกจากนี้ใบพัดพลาสติกยังเบา ทำให้หมุนเหวี่ยงสารละลายปูนขาวได้เร็ว สารละลายปูนขาวจึงเข้ากระทบกระเพาะรังผึ้งได้อย่างรวดเร็ว เกิดการชะล้างด้วยความถี่ที่สูงกว่าใบพัดสแตนเลส ในขณะที่กระเพาะผ้าชีวรีมีพื้นที่และน้ำหนักมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกระเพาะส่วนอื่น การเกาะตัวของเนื้อเยื่อสีด้าที่หนากว่ากระเพาะส่วนอื่น ใบพัดสแตนเลสซึ่งมีน้ำหนักมากกว่าใบพัดพลาสติก สามารถหมุนกวาดสารละลายปูนขาวได้ปริมาณมากกว่า และเหวี่ยงสารละลายปูนขาวให้เกิดแรงมากกว่าใบพัดพลาสติก การหมุนเหวี่ยงแบบนี้อาจช่วยยกกระเพาะผ้าชีวรีขึ้นในแนวตั้งได้ง่ายกว่า และชะล้างเนื้อเยื่อสีด้าที่เกาะตัวหนาบนผนังของกระเพาะผ้าชีวรีได้ดีกว่าใบพัดพลาสติก

เมื่อพิจารณาการทำความสะอาดเครื่องซักผ้าหลังเสร็จสิ้นการล้างกระเพาะโค พบว่าใบพัดสแตนเลส ซึ่งมีชิ้นส่วนประกอบน้อยชิ้น มีชอกมูนน้อย ช่วยแก้ปัญหาการติดค้างของตะกอนปูนขาวและเศษเนื้อเยื่อสีด้าที่มักติดตามชอกของชิ้นส่วนใบพัดพลาสติกที่มากับเครื่องซักผ้าได้ดี

### สรุปและข้อเสนอแนะ

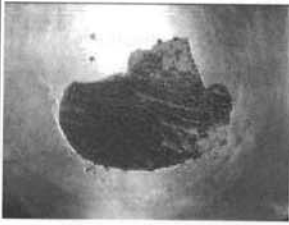
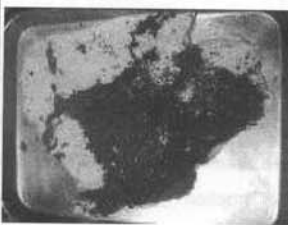
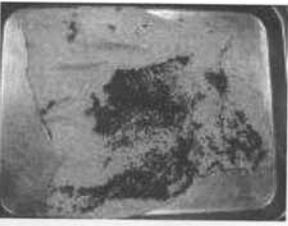
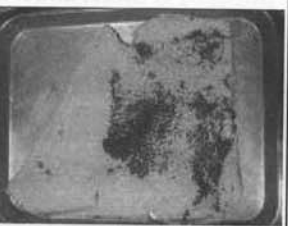
การล้างกระเพาะโคด้วยเครื่องซักผ้าแบบกึ่งอัตโนมัติร่วมกับปูนขาวและถุงผ้าตาข่ายให้ผลของความสะอาดขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้ในการล้าง เมื่อเวลาการล้างเพิ่มขึ้น ความสะอาดจะเพิ่มขึ้น กระเพาะสามสิบกลีบทำความสะอาดได้ง่ายและเร็วกว่ากระเพาะส่วนอื่น ลักษณะทางกายภาพของใบพัดอาจมีผลต่อการหมุนเหวี่ยงสารละลายปูนขาว ก่อให้เกิดการชะล้างทำความสะอาดแตกต่างกัน ใบพัดหมุนชักพลาสติกมีครีบทวนช่วยเพิ่มการหมุนพัดสารละลายปูนขาว อีกทั้งมีน้ำหนักน้อย ทำให้หมุนเหวี่ยงสารละลายปูนขาวได้เร็วกว่า ทำให้ทำความสะอาดกระเพาะรังผึ้งได้

ตารางที่ 1 ความสะอาดของกระเพาะโคเมื่อทำการล้างโดยใช้ใบพัดหมุนชักพลาสติกที่มากับเครื่องซักผ้า

| เวลาในการล้าง (นาที) | ความสะอาด (%)                                                                       |                                                                                      |                                                                                       |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|                      | รังผึ้ง                                                                             | ผ้าชีวรี่                                                                            | สามสิบกลีบ                                                                            |
| 10                   |   |   |   |
|                      | 32.4 ± 3.9                                                                          | 10.0 ± 4.8                                                                           | 96.0 ± 4.2                                                                            |
| 20                   |  |  |  |
|                      | 67.0 ± 3.4                                                                          | 62.0 ± 7.1                                                                           | 97.1 ± 4.0                                                                            |
| 30                   |  |  |  |
|                      | 67.3 ± 9.2                                                                          | 63.0 ± 8.2                                                                           | 97.2 ± 4.0                                                                            |
| 50                   |  |  |  |
|                      | 86.6 ± 5.0                                                                          | 72.2 ± 2.9                                                                           | 100 ± 0.0                                                                             |

ดีกว่าไบพัสแดนเลส ในขณะที่ไบพัสแดนเลสมีน้ำหนักมาก ทำให้สามารถหมูนวดสารละลายปูนขาวได้ปริมาณมาก และเหยียงสารละลายปูนขาวให้เกิดแรงได้มากกว่า ทำให้ทำความสะอาดกระเพาะผ้าชีวรี่ได้ดีกว่าไบพัสพลาสติก และยังช่วยแก้ปัญหาการติดค้างของตะกอนทั้งได้ดี อย่างไรก็ตาม เพื่อหลีกเลี่ยงการเน่าเสีย การล้างกระเพาะจำเป็นต้องใช้เวลาสั้น การขจัดเพิ่มเติมภายนอกหลังการล้างด้วยเครื่องไม่เกิน 20 นาที หรือการออกแบบกลไกการขจัดในเครื่องล้าง อาจเป็นแนวทางพัฒนาให้วิธีการนี้ใช้งานในระดับอุตสาหกรรมได้ดีขึ้น

ตารางที่ 2 ความสะอาดของกระเพาะโคเมื่อทำการล้างโดยใช้ไบพัสหมูนวดซักสแตนเลส

| เวลาในการล้าง (นาที) | ความสะอาด (%)                                                                       |                                                                                      |                                                                                       |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|                      | รังผึ้ง                                                                             | ผ้าชีวรี่                                                                            | สามสิบกลีบ                                                                            |
| 10                   |    |    |    |
|                      | 17.1 ± 8.2                                                                          | 46.1 ± 0.5                                                                           | 85.8 ± 4.9                                                                            |
| 20                   |  |  |  |
|                      | 42.1 ± 8.4                                                                          | 83.9 ± 0.2                                                                           | 89.7 ± 8.2                                                                            |
| 30                   |  |  |  |
|                      | 60 ± 4.8                                                                            | 89.3 ± 1.4                                                                           | 95.0 ± 3.4                                                                            |
| 50                   |  |  |  |
|                      | 71.6 ± 4.9                                                                          | 96.3 ± 1.1                                                                           | 99.1 ± 0.1                                                                            |

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) ที่สนับสนุนทุนวิจัยประจำปี 2555

### เอกสารอ้างอิง

- ปัทย์ สำเภาเงิน. 2553. วิธีการล้างทำความสะอาดกระเพาะโคพื้นเมืองไทยให้มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการผลิตสัตว์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศศิธร นาคทอง รัตนกร แสนทำพล สุรัชย์ เปี่ยมกล้า ญญาพร สุมณ และ วิรัตน์ สุมณ. 2553. การใช้ประโยชน์จาก ผลพลอยได้จากกระบวนการการฆ่าโค. รายงานฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). กรุงเทพฯ.
- Hockey, R.M. and J.M. Nouri. 1996. Turbulent flow in a baffled vessel stirred by a 60° pitched blade impeller. Chem. Eng. Sci. 51(19): 4405-4421.

## การลดโซดาไฟตกค้างในกระเพาะโคจากกระบวนการล้างเพื่อความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

### Reduction of Caustic Soda Residue in Cow Tripe from Cleaning Methods

#### for the Safety of Consumers

พรพิมล รุกยิณี<sup>1\*</sup>, ประพุก ตังม้นคง<sup>2</sup> และ ศศิธร นาคทอง<sup>1,3</sup>

Pornpimol Rukyindee<sup>1\*</sup>, Prapeuk Tangmunkhong<sup>2</sup>, and Sasitorn Nakthong<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม

<sup>2</sup>ภาควิชาสัตวแพทยสาธารณสุขศาสตร์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม

<sup>3</sup>ศูนย์วิจัยและพัฒนาผลผลิตจากสัตว์ สถาบันสุวรรณจากสิกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม

<sup>1</sup>Department of Animal Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University,

Kamphaeng Saen campus, Nakorn Pathom, Thailand

<sup>2</sup>Department of Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Medicine at Kamphaeng Saen, Kasetsart University,

Kamphaeng Saen campus, Nakorn Pathom, Thailand

<sup>3</sup>Animal Produce R & D Center, Suwanvajokkasikit Animal R & D Institute, Kasetsart University,

Kamphaeng Saen Campus, Nakorn Pathom, Thailand

\*Corresponding author: pet\_pornpimol@hotmail.com

#### บทคัดย่อ

การใช้โซดาไฟ (NaOH) เพื่อช่วยทำความสะอาดกระเพาะโคให้มีความขาว เด้ง และกรอบ นำรับประทาน นั้นโซดาไฟที่ตกค้างอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค การทดลองนี้จึงได้ศึกษาการใช้ส่วนผสมสายชูทางการค้า (กรดอะซิติก) และน้ำมะนาวทางการค้า (กรดซิตริก) ซึ่งมีความเป็นกรดเพื่อลดค่าความเป็นด่างของโซดาไฟที่ตกค้าง ในกระเพาะโคจากกระบวนการล้างขาว โดยทำการแบ่งกระเพาะโคพันธุ์กำแพงแสนที่ผ่านการล้างด้วยโซดาไฟ ออกเป็น 2 กลุ่ม สำหรับการลดความเป็นด่าง 2 วิธี คือ วิธีที่ 1. ใช้น้ำส้มสายชู และวิธีที่ 2. ใช้น้ำมะนาว ซึ่งแต่ละวิธี แบ่งออกเป็น 8 กลุ่มทดลองดังนี้คือ กลุ่มที่ 1. ไม่ผ่านการล้างลดสารตกค้าง (ควบคุม) กลุ่มที่ 2. ใช้น้ำสะอาดในการ ล้างลดสารตกค้าง กลุ่มที่ 3-8 ใช้น้ำส้มสายชูหรือน้ำมะนาวทางการค้าในการลดสารตกค้างความเข้มข้นที่ระดับ 0.5% 0.6 % 0.7% 0.8% 0.9% และ 1.0 % ตามลำดับ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากผลการทดลองพบว่า กระเพาะโคที่ไม่ได้ใช้น้ำส้มสายชูหรือน้ำมะนาวลดปริมาณ โซดาไฟ จะพบปริมาณของโซดาไฟ ในปริมาณที่สูงที่สุดคือ 54 ml/L และการใช้น้ำส้มสายชูที่ความเข้มข้น 1.0 % และการใช้น้ำมะนาวที่ความเข้มข้น 0.9 % สามารถลดปริมาณโซดาไฟ (ด่าง) ที่ตกค้างอยู่ได้หมด ดังนั้นน้ำส้มสายชู และน้ำมะนาวสามารถนำไปใช้ในการลดความเป็นด่างที่ตกค้างจากกระบวนการล้างทำความสะอาดกระเพาะโคที่ ผ่านการล้างด้วยโซดาไฟได้

คำสำคัญ : กระเพาะโค โซดาไฟ น้ำส้มสายชู น้ำมะนาว

### Abstract

Using of caustic soda (sodium hydroxide) in cleaning cow tripe for whitening, springiness, and crispiness has an effected of high alkaline residue and unsafe for consumers. The aim of this study was to use vinegar (Acetic acid) and lime juice (Citric acid) for decreasing alkalinity of caustic soda left from the tripe cleaning procedure. Kamphaeng Sean cow tripe samples from caustic soda cleaning method were divided to two groups for two methods of alkaline decreasing, method 1 using vinegar and method 2 using lime juice. In each method, the tripe was divided into eight groups 1. no washing (control), 2. using clean water, 3-8 using vinegar or lime juice at level of 0.5%, 0.6%, 0.7%, 0.8%, 0.9%, and 1% to reduce alkaline. The experiment was designed Completely Randomized Design (CRD) and compared the means with Duncan's new multiple range test (DMRT) at 95 % confidence level. The results showed that tripe from no using vinegar or lime juice had the highest amounts of caustic soda at 54 ml/L. Using 1% vinegar and 0.9% lime juice decreased all of alkaline left in the tripe. Thus, vinegar and lime juice can be applied to reduce alkaline residue left in the tripe from cleaning procedure with caustic soda.

**Keyword :** tripe, caustic soda, vinegar, lime juice

### บทนำ

ในปัจจุบันการบริโภคเครื่องในสัตว์เป็นที่นิยมของผู้บริโภคมากขึ้น เนื่องจากมีราคาที่ไม่แพงและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของกระเพาะโค แต่เนื่องจากกระเพาะโคมีเยื่อสีดำนุ่มอยู่ทำให้มีลักษณะและสีที่ไม่น่ารับประทาน จึงได้ผ่านกระบวนการล้างทำความสะอาดโดยใช้สารเคมี โดยวิธีที่นิยมมากที่สุดคือการนำกระเพาะโคไปแช่ในปูนขาวและโซดาไฟ ซึ่งจะทำให้กระเพาะโคมีสีขาว เติ่ง สี น่ารับประทานมีความกรอบเพิ่มขึ้น แต่การใช้โซดาไฟในการล้างทำความสะอาดกระเพาะโคพบว่าการทำให้เกิดความเป็นด่างสูงตกค้างอยู่ที่กระเพาะโค การตกค้างของ sodium hydroxide หรือโซดาไฟ จากกระบวนการล้างทำความสะอาดกระเพาะโค แม้ว่าจะไม่มีการห้ามใช้สารโซดาไฟในอาหาร หรือข้อบังคับเกี่ยวกับการตกค้างของโซดาไฟในอาหาร แต่สารโซดาไฟก็เป็นสารมีฤทธิ์เป็นด่างแก่ หากรับประทานเข้าไปจะเกิดการไหม้ในปาก ลำคอ และทางเดินอาหาร คลื่นไส้ อาเจียน ท้องเสีย หมดสติ ถึงขั้นเสียชีวิตได้ (ศศิธร และคณะ, 2553) ปัจจุบันประชาชนส่วนใหญ่หันมาให้ความสนใจต่อความปลอดภัยในการบริโภคมากยิ่งขึ้น และจากงานวิจัยของ ปัทย์ (2553) ได้รายงานว่า สามารถใช้น้ำส้มสายชู มาล้างทำความสะอาดกระเพาะโคพื้นเมือง เพื่อเป็นการลดสารโซดาไฟที่ตกค้างในกระเพาะโคพื้นเมืองที่ผ่านกระบวนการล้างขาวก่อนที่จะนำไปบริโภค ดังนั้นจากงานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อต้องการลดค่าความเป็นด่างที่ตกค้างในกระเพาะโคที่ผ่านการล้างด้วยโซดาไฟ โดยการนำสารชะล้างที่มีค่าความเป็นกรดที่สามารถหาได้ง่ายตามครัวเรือนมาใช้ประโยชน์ ซึ่งวิธีการดังกล่าวผู้บริโภคสามารถนำไปปฏิบัติได้เองและช่วยให้ผู้บริโภคมีความมั่นใจในความปลอดภัยต่อการบริโภคอาหารมากยิ่งขึ้น

### วัตถุประสงค์

เพื่อใช้น้ำส้มสายชูและน้ำมะนาวเข้มข้นทางการค้าลดโซดาไฟตกค้างในกระเพาะโคจากกระบวนการล้าง เพื่อความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

### อุปกรณ์และวิธีการ

จากการทดลองของ ปัตย์ (2553) และ ศศิธร และคณะ (2553) พบว่าการใช้โซดาไฟร่วมกับการล้างกระเพาะโคจะทำให้กระเพาะโคมีสีขาว ใส กรอบและเต่งมากกว่าการล้างแบบธรรมดา แต่อย่างไรก็ตามโซดาไฟมีฤทธิ์เป็นด่างสูง ( $\text{pH} = 11$ ) ซึ่งจะมีผลตกค้างกับกระเพาะโคและเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ ดังนั้นการทดลองนี้จึงนำวิธีการของ ปัตย์ (2553) มาเป็นข้อมูลพื้นฐาน โดยเก็บตัวอย่างกระเพาะโคก่าแพงแสนในส่วนของกระเพาะผ้าชีวรี (rumen) กระเพาะรังผึ้ง (reticulum) และกระเพาะสามสิบกลีบ (omasum) ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที ร่วมกับแช่ในสารละลายโซดาไฟ (5 กรัม/น้ำ 1 ลิตร) (ศศิธร และคณะ, 2553) มาแบ่งการทำความสะอาดซ้ำโดยการใช้กรดที่มีทางการค้าเพื่อลดด่างที่เกิดจากโซดาไฟซึ่งแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ วิธีที่ 1 ใช้น้ำส้มสายชูทางการค้า (ภูเขาทอง อสร. QP Tesco อันดามัน) และวิธีที่ 2 ใช้น้ำมะนาวทางการค้า (ฟ้าไทย แก้วตา Tesco) ซึ่งแต่ละวิธีแบ่งออกเป็น 8 กลุ่มทดลองดังนี้คือ กลุ่มที่ 1. ไม่ผ่านการล้างลดสารตกค้าง (ควบคุม) กลุ่มที่ 2. ใช้น้ำสะอาดในการล้างลดสารตกค้าง กลุ่มที่ 3 - 8 ใช้น้ำส้มสายชูและน้ำมะนาวทางการค้ายี่ห้อต่างๆ ในการลดสารตกค้างความเข้มข้นที่ระดับ 0.5% 0.6 % 0.7% 0.8% 0.9% และ 1.0 % ตามลำดับ แช่ทิ้งไว้และคนเป็นระยะๆ นาน 10 นาที ตรวจสอบความเป็นด่างของกระเพาะโคที่ได้ โดยการไตเตรตด้วยกรดซัลฟิวริกโดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ เพื่อวิเคราะห์โซดาไฟที่ตกค้างอยู่ การทดลองนี้ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) วิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มทดลองโดยใช้ Duncan's new multiple range test ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป R (2.9.2)

### ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

จากผลการทดลองในตารางที่ 1 ได้ใช้น้ำส้มสายชูทางการค้าได้แก่ยี่ห้อ ภูเขาทอง อสร. QP Tesco อันดามัน ซึ่งทุกยี่ห้อหามีค่าความเป็นกรดที่  $\text{pH} = 2$  และนำมาใช้ล้างกระเพาะโคที่ผ่านการแช่โซดาไฟซึ่งช่วยให้กระเพาะโคมีความเต่ง กรอบ ซึ่งค่า  $\text{pH}$  สุดท้ายของการใช้โซดาไฟอยู่ที่  $\text{pH} = 11$  พบว่าในกลุ่มกระเพาะโคที่ไม่มีการล้างน้ำ (กลุ่มทดลองที่ 1) มีปริมาณของโซดาไฟ ในปริมาณที่สูงที่สุดคือ 54 ml/L และเมื่อนำมาล้างด้วยน้ำสะอาด (กลุ่มทดลองที่ 2) แล้วนำมาหาปริมาณโซดาไฟที่ตกค้างพบในปริมาณที่น้อยลงแต่ก็ยังมียังมีปริมาณที่สูงคือ 39 ml/L ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) เมื่อเทียบกับกลุ่มทดลองที่ 3 - 8 ซึ่งเป็นวิธีที่มีการใช้น้ำส้มสายชูความเข้มข้นที่ระดับ 0.5% 0.6% 0.7% 0.8% 0.9% และ 1.0% ตามลำดับ พบว่าสามารถลดปริมาณของโซดาไฟให้เหลือในระดับที่ลดลง และการใช้น้ำสายชูความเข้มข้นที่ระดับ 1.0% (อัตราส่วนน้ำส้มสายชู 1.0 ml ต่อน้ำ 99.0 ml) สามารถลดปริมาณของโซดาไฟที่ตกค้างจากตัวอย่างกระเพาะโคได้หมด

ส่วนตารางที่ 2 ได้ใช้น้ำมะนาวทางการค้ายี่ห้อ ฟ้าไทย แก้วตา Tesco ซึ่งทุกยี่ห้อหามีค่าความเป็นกรดที่  $\text{pH} = 2$  และนำมาใช้ล้างกระเพาะโคที่ผ่านการล้างด้วยโซดาไฟ ซึ่งมีค่า  $\text{pH} = 11$  เช่นกัน พบว่าในกลุ่มกระเพาะโคที่ไม่มีการล้างน้ำ (กลุ่มทดลองที่ 1) มีปริมาณของโซดาไฟ ในปริมาณที่สูงที่สุดคือ 54 ml/L และเมื่อนำมาล้างด้วยน้ำสะอาด (กลุ่มทดลองที่ 2) แล้วนำมาหาปริมาณโซดาไฟที่ตกค้างพบในปริมาณที่น้อยลงแต่ก็ยังมียังมีปริมาณที่สูงคือ 39 ml/L ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) เมื่อเทียบกับกลุ่มทดลองที่ 3 - 8 ซึ่งเป็นวิธีที่มีการใช้น้ำมะนาวความเข้มข้น ที่ระดับ 0.5% 0.6% 0.7% 0.8% 0.9% และ 1.0% ตามลำดับ พบว่าสามารถลดปริมาณของโซดาไฟลงได้ระดับหนึ่ง และการใช้น้ำมะนาวความเข้มข้นที่ระดับ 0.9% (อัตราส่วนน้ำมะนาว 0.9 ml ต่อน้ำ 99.1 ml) สามารถลดปริมาณของโซดาไฟที่ตกค้างจากตัวอย่างกระเพาะโคได้หมด การตกค้างของ sodium hydroxide หรือโซดาไฟ

จากกระบวนการล้างทำความสะอาดกระเพาะโค แม้ว่าจะไม่มีการห้ามใช้สารโซดาไฟในอาหาร หรือข้อบังคับเกี่ยวกับการตกค้างของโซดาไฟในอาหาร แต่สารโซดาไฟก็เป็นสารมีฤทธิ์เป็นด่างแก่ ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้บริโภคจึงทำการศึกษานวทางการลดการตกของโซดาไฟ โดยการปรับสมดุลของค่า pH ด้วยการใช้กรดที่ปลอดภัย เช่น กรดกรดอะซิติกและกรดซิตริก นำมาล้างทำความสะอาดกระเพาะโค เพื่อเป็นการลดสารโซดาไฟที่ตกค้างในกระเพาะอาหารโคที่ผ่านกระบวนการล้างขาก่อนที่จะนำไปบริโภค เนื่องจากน้ำส้มสายชูทางการค้าและมะนาวทางการค้านั้น เป็นวัตถุดิบที่หาซื้อได้ง่าย ราคาถูก สะดวกกว่า รวมถึงมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ถึงแม้ว่าน้ำส้มสายชูและน้ำมะนาวทางการค้าในแต่ละยี่ห้อจะมีอัตราหรือส่วนประกอบที่แตกต่างกันแต่พบว่ามีระดับความเป็นกรด (pH = 2)

ตารางที่ 1 ผลการใช้ น้ำส้มสายชูทางการค้าในการลดโซดาไฟที่ตกค้างจากกระบวนการล้างกระเพาะโค

| กลุ่มการทดลอง                       | ปริมาณ Sodium hydroxide (ml/L) ที่ตกค้าง |                       |                      |                      |                      |
|-------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                                     | ภูเขาทอง                                 | อสร.                  | QP                   | Tesco                | อันดามัน             |
| 1. ไม่ผ่านการล้าง                   | 54±2.83 <sup>a</sup>                     | 54±2.83 <sup>a</sup>  | 54±2.83 <sup>a</sup> | 54±2.83 <sup>a</sup> | 54±2.83 <sup>a</sup> |
| 2. ใช้น้ำสะอาด                      | 39±1.41 <sup>b</sup>                     | 39±1.41 <sup>b</sup>  | 39±1.41 <sup>b</sup> | 39±1.41 <sup>b</sup> | 39±1.41 <sup>b</sup> |
| 3. น้ำส้มสายชูความเข้มข้นระดับ 0.5% | 19±1.41 <sup>c</sup>                     | 14±2.83 <sup>c</sup>  | 19±1.41 <sup>c</sup> | 17±1.41 <sup>c</sup> | 18±0.00 <sup>c</sup> |
| 4. น้ำส้มสายชูความเข้มข้นระดับ 0.6% | 12±0.00 <sup>d</sup>                     | 11±1.41 <sup>cd</sup> | 10±2.83 <sup>d</sup> | 10±2.83 <sup>d</sup> | 13±1.41 <sup>d</sup> |
| 5. น้ำส้มสายชูความเข้มข้นระดับ 0.7% | 10±2.83 <sup>d</sup>                     | 7±1.41 <sup>de</sup>  | 7±1.41 <sup>de</sup> | 7±1.41 <sup>d</sup>  | 7±1.41 <sup>e</sup>  |
| 6. น้ำส้มสายชูความเข้มข้นระดับ 0.8% | 4±0.00 <sup>e</sup>                      | 5±1.41 <sup>e</sup>   | 3±1.41 <sup>ef</sup> | 3±1.41 <sup>e</sup>  | 3±1.41 <sup>f</sup>  |
| 7. น้ำส้มสายชูความเข้มข้นระดับ 0.9% | 1±1.41 <sup>ef</sup>                     | 0.5±0.71 <sup>f</sup> | 1±1.41 <sup>f</sup>  | 2±0.00 <sup>e</sup>  | 1±1.41 <sup>f</sup>  |
| 8. น้ำส้มสายชูความเข้มข้นระดับ 1.0% | 0±0.00 <sup>f</sup>                      | 0±0.00 <sup>f</sup>   | 0±0.00 <sup>f</sup>  | 0±0.00 <sup>e</sup>  | 0±0.00 <sup>f</sup>  |

หมายเหตุ : <sup>a,b,c,d,e,f</sup> อักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตารางที่ 2 ผลการใช้ น้ำมะนาวทางการค้าในการลดโซดาไฟที่ตกค้างจากกระบวนการล้างกระเพาะโค

| กลุ่มการทดลอง                    | ปริมาณ Sodium hydroxide (ml/L) ที่ตกค้าง |                      |                      |
|----------------------------------|------------------------------------------|----------------------|----------------------|
|                                  | ฟ้าไทย                                   | แก้วตา               | Tesco                |
| 1. ไม่ผ่านการล้าง                | 54±2.83 <sup>a</sup>                     | 54±2.83 <sup>a</sup> | 54±2.83 <sup>a</sup> |
| 2. ใช้น้ำสะอาด                   | 39±1.41 <sup>b</sup>                     | 39±1.41 <sup>b</sup> | 39±1.41 <sup>b</sup> |
| 3. น้ำมะนาวความเข้มข้นระดับ 0.5% | 16±4.24 <sup>c</sup>                     | 14±2.83 <sup>c</sup> | 16±2.83 <sup>c</sup> |
| 4. น้ำมะนาวความเข้มข้นระดับ 0.6% | 10±2.83 <sup>c</sup>                     | 7±1.41 <sup>d</sup>  | 10±2.83 <sup>d</sup> |
| 5. น้ำมะนาวความเข้มข้นระดับ 0.7% | 3±1.41 <sup>d</sup>                      | 3±1.41 <sup>e</sup>  | 5±1.41 <sup>e</sup>  |
| 6. น้ำมะนาวความเข้มข้นระดับ 0.8% | 1.5±0.71 <sup>d</sup>                    | 1±1.41 <sup>e</sup>  | 1±1.41 <sup>ef</sup> |
| 7. น้ำมะนาวความเข้มข้นระดับ 0.9% | 0±0.00 <sup>d</sup>                      | 0±0.00 <sup>e</sup>  | 0±0.00 <sup>f</sup>  |
| 8. น้ำมะนาวความเข้มข้นระดับ 1.0% | 0±0.00 <sup>d</sup>                      | 0±0.00 <sup>e</sup>  | 0±0.00 <sup>f</sup>  |

หมายเหตุ : <sup>a,b,c,d,e,f</sup> อักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ใกล้เคียงกัน โดยน้ำส้มสายชู (กรดอะซิติก) มีคุณสมบัติให้รสเปรี้ยว มีลักษณะใส ไม่มีสี แต่กลิ่นฉุนเป็นกรดที่เหมาะสมในการรักษาคุณภาพอาหารยิ่งกว่ากรดชนิดใด ๆ เพราะไม่มีพิษต่อร่างกาย และสามารถควบคุมระดับค่า pH ในผลิตภัณฑ์ และน้ำมะนาว (กรดซิตริก) มีคุณสมบัติที่สามารถใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม เพื่อให้กลิ่น รส ในผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูป นอกจากนั้นยัง สามารถควบคุมระดับค่า pH ในผลิตภัณฑ์อาหารได้

### สรุปการทดลอง

การล้างด้วยน้ำสะอาดยังไม่เพียงพอในการกำจัดสารโซดาไฟที่ยังตกค้างในกระเพาะโคแต่เมื่อนำน้ำส้มสายชูทางการค้า (กรดอะซิติก) และน้ำมะนาวทางการค้า (กรดซิตริก) ในกลุ่มทดลองที่ 3 (อัตราส่วนน้ำส้มสายชูหรือน้ำมะนาว 0.5 ml ต่อน้ำ 99.5 ml) มาใช้ล้างกระเพาะโคอีกครั้ง พบว่าสามารถลดปริมาณของโซดาไฟที่เหลือในระดับที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ล้างด้วยน้ำสะอาด และหากใช้น้ำส้มสายชูความเข้มข้นที่ระดับ 1.0 % และน้ำมะนาวความเข้มข้นที่ระดับ 0.9 % พบว่าสามารถลดปริมาณของโซดาไฟที่ตกค้างอยู่ให้หมดจากตัวอย่างกระเพาะโคได้

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) ที่สนับสนุนทุนวิจัยประจำปี 2555

### เอกสารอ้างอิง

- ปัทย์ สำเภาเงิน. 2553. วิธีการล้างทำความสะอาดกระเพาะโคพื้นเมืองไทยให้มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการผลิตสัตว์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศศิธร นาคทอง รัตนากร แสนท่าพล สุรัชย์ เปี่ยมคล้าย ญญาพร สุนน และ วิรัตน์ สุนน. 2553. การใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้จากกระบวนการการฆ่าโค. รายงานฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). กรุงเทพฯ.

## คุณลักษณะทางกายภาพของกระเพาะโคพันธุ์กำแพงแสนที่ผ่านการล้าง ทำความสะอาดแบบปลอดภัย

### Physical Characteristics of Kamphaeng Saen Cattle Tripe from Safety Cleaning Methods

ศศิธร นาคทอง<sup>1,2\*</sup>, พรพิมล รุกยินดี<sup>1</sup>, เสาวนิต วุฒิไกรรัตน์<sup>2</sup> และ พีรยุทธ นิลชื่น<sup>2</sup>

Sasitorn Nakthong<sup>1,2\*</sup>, Pornpimol Rukyindee<sup>1</sup>, Sauwanit Wutthikairat<sup>2</sup>, and Peerayut Nilchuen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม

<sup>2</sup>ศูนย์วิจัยและพัฒนาผลิตผลจากสัตว์ สถาบันสุวรรณวาลกสิกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม

<sup>1</sup>Department of Animal Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University,

Kamphaeng Saen campus, Nakorn Pathom, Thailand

<sup>2</sup>Animal Produce R&D Center, Suwanvajokkasikit Animal R&D Institute, Kasetsart University,

Kamphaeng Saen Campus, Nakorn Pathom, Thailand

\*Corresponding author: agrsas@ku.ac.th, snakthong@hotmail.com

#### บทคัดย่อ

ปัจจุบันเครื่องในโคสามารถนำมาใช้เพื่อการบริโภคเพราะมีคุณค่าทางอาหารสูง แต่การบริโภคยังต้องคำนึงถึงความปลอดภัย วิธีการล้างทำความสะอาดกระเพาะโคมีผลต่อลักษณะทางกายภาพ งานวิจัยนี้ได้ศึกษาวิธีการล้างทำความสะอาดกระเพาะโคพันธุ์กำแพงแสน 2 วิธี คือ วิธีที่ 1 ใช้น้ำร้อนลวก วิธีที่ 2 ใช้น้ำร้อนลวกและแช่โซดาไฟ วิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพโดยใช้เครื่อง Instron Universal Testing Machine โดยใช้หัววัดแบบตัด (cutting) และหัววัดแบบกด (TPA) การทดลองนี้ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) พบว่ากระเพาะโคส่วนผ้าชีรื้อและส่วนรังผึ้งที่ผ่านการล้างทั้ง 2 วิธี มีค่าแรงตัดผ่าน (shear force) การเกาะรวมตัวกัน (cohesiveness) ความยืดหยุ่น (springiness) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p>0.05$ ) นอกจากนี้ความแข็ง (hardness) ความเหนียว (gumminess) ความทนต่อการเคี้ยว (chewiness) ของกระเพาะโคที่ผ่านการล้างด้วยวิธีที่ 1 มีค่าการใช้แรงสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) เมื่อเทียบกับการล้างวิธีที่ 2 ดังนั้นคุณลักษณะทางกายภาพของกระเพาะโคที่ผ่านวิธีการใช้น้ำร้อนลวกและแช่โซดาไฟ ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการใช้น้ำร้อนลวกในการล้างทำความสะอาดเท่านั้น

**คำสำคัญ:** กระเพาะโค วิธีการล้าง คุณลักษณะทางกายภาพ

#### Abstract

At present, tripe from cattle is used for consumption because it contains high nutrition. However, safety must be considered for consumption. The method of cleaning tripe had effected on physical characteristic. The objective of this research was to study Kamphaeng Saen cattle tripe cleaned by using two cleaning methods: 1) scalding in hot water and 2) scalding in hot water and sodium hydroxide solution. Physical characteristics of the cleaned tripe was measured using Instron Universal Testing Machine with cutting and TPA spindle. This experiment was Completely Randomized Design; CRD. The results showed that there were no significant differences ( $p>0.05$ ) in shear force, cohesiveness, and springiness values of

the rumen and reticulum. Moreover, the value of hardness, gumminess, and chewiness of tripe from method 1 had higher value than those from method 2 ( $p < 0.05$ ). Thus, the physical characteristic of cleaning the tripe from method 2 (scalding in hot water and sodium hydroxide solution) was better than that of from method 1 (scalding in hot water only).

**Keyword :** Kamphaeng Saen cattle, tripe, safety cleaning methods, physical characteristics

## บทนำ

ประเทศไทยมีผู้นิยมนำเครื่องในโคมาบริโภคเป็นจำนวนมากเนื่องจากมีรสชาติที่ดี ราคาถูก อีกทั้งเครื่องในยังเป็นแหล่งที่มีโปรตีนสูงและมีคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญ ผู้ประกอบการบางรายใช้สารเคมีในการล้างทำความสะอาดซึ่งมีอันตรายต่อผู้บริโภค การใช้สารเคมีบางชนิดในกระบวนการล้างมีผลต่อลักษณะทางกายภาพ เพื่อเพิ่มความกรอบ ยืดหยุ่น และความอร่อย จากงานวิจัยวิธีการล้างทำความสะอาดกระเพาะโคพื้นเมืองไทย (ศศิธร และคณะ, 2553) ได้ออกแบบวิธีการล้างออกเป็น 7 วิธี ดังนี้ วิธีที่ 1 ใช้น้ำร้อนลวก วิธีที่ 2 ใช้น้ำปูนใส วิธีที่ 3 ใช้น้ำปูนขาว วิธีที่ 4 ใช้น้ำร้อนลวกตามด้วยโซดาไฟ วิธีที่ 5 ใช้น้ำปูนใสตามด้วยการลวกในน้ำร้อนและแช่โซดาไฟ วิธีที่ 6 ใช้น้ำปูนขาว ตามด้วยการลวกในน้ำร้อนและแช่โซดาไฟ และวิธีที่ 7 เป็นวิธีการล้างกระเพาะโคทางการค้าจากตลาด ผลการทดลองพบว่าการล้างด้วยวิธีที่ 1 มีความปลอดภัยมากที่สุดทั้งทางเคมีและชีวภาพ และผู้บริโภคให้การยอมรับการล้างด้วยวิธีที่ 4 และ 7 สูงที่สุด เนื่องจากกระเพาะโคมีคุณลักษณะทางกายภาพที่ดี คือมีความขาว เต่ง และกรอบ แต่ทางด้านเคมีพบว่ามีความอันตรายของสารเคมีตกค้างในกระเพาะโคสูง ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยในการนำกระเพาะโคไปบริโภค งานวิจัยนี้จึงศึกษาถึงลักษณะทางด้านกายภาพต่อกระเพาะโคกำแพงแสน โดยการนำเอาวิธีการล้างกระเพาะโคพื้นเมืองเป็นแบบที่ 1 และ 4 ซึ่งเป็นวิธีการล้างกระเพาะที่สะอาดปลอดภัยต่อผู้บริโภค มาศึกษาต่อถึงเรื่องคุณลักษณะทางกายภาพเพื่อดูผลของการล้างว่าจะมีอิทธิพลต่อลักษณะทางกายภาพของกระเพาะโคหรือไม่

## วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาถึงคุณลักษณะทางกายภาพของกระเพาะโคกำแพงแสนที่ผ่านการล้างทำความสะอาดด้วยวิธีการใช้น้ำร้อนลวก และวิธีการใช้น้ำร้อนลวกพร้อมกับแช่โซดาไฟ

## อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ทำการเก็บตัวอย่างกระเพาะของโคขุนพันธุ์กำแพงแสน เก็บตัวอย่างกระเพาะโคเดือนละ 1 ครั้ง ครั้งละ 2 กระเพาะ เก็บตัวอย่างทั้งหมด 3 ซ้ำ โดยเก็บในส่วนของกระเพาะผืนซี่ (rumen) กระเพาะรังผึ้ง (reticulum) และกระเพาะสามลิบบก (omasum) นำกระเพาะโคที่ได้มาล้างด้วยวิธีของศศิธร และคณะ (2553) 2 วิธี คือ วิธีที่ 1 ใช้น้ำร้อนลวก โดยนำกระเพาะโคไปลวกในน้ำร้อนอุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที ขูดสิ่งสกปรกที่ติดค้างให้หลุดไป ล้างด้วยน้ำสะอาด วิธีที่ 2 ใช้น้ำร้อนลวกพร้อมกับแช่โซดาไฟ โดยนำกระเพาะโคไปลวกในน้ำร้อนอุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 1 นาที ขูดสิ่งสกปรกที่ติดค้างให้หลุดไป ล้างด้วยน้ำสะอาด และนำไปแช่ในสารละลายโซดาไฟ (5 กรัม/น้ำ 1 ลิตร) จากนั้นนำกระเพาะโคทั้ง 3 ส่วน ที่ผ่านการทำให้สุกแล้วโดยลวกในน้ำร้อน 100 องศาเซลเซียส นานเป็นเวลา 1 นาที (ศศิธร และคณะ, 2553) ศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของกระเพาะโค โดยใช้เครื่อง Instron Universal Testing Machine (Lloyd Instrument; Hampshire, England) ที่ใช้

หัตถวิธีแบบกด (texture profile analysis, TPA) ได้แก่ ความแข็ง (hardness (kg)), การเกาะรวมตัวกัน (cohesiveness), ความเหนียว (gumminess (N)), ความยืดหยุ่น (springiness (mm)), ความทนต่อการเคี้ยว (chewiness (N.mm)) และหัตถวิธีแบบตัด (cutting) ได้แก่ ค่าแรงตัดผ่าน (shear force (kg)) การทดลองนี้ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) วิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มทดลองโดยใช้ T - test ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป R (2.9.2)

### ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

จากผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของกระเพาะโคพันธุ์กำแพงแสนที่ผ่านกระบวนการล้างทำความสะอาดแบบลวกน้ำร้อนเปรียบเทียบกับแบบลวกน้ำร้อนและแช่โซดาไฟ เมื่อวัดค่าแรงตัดผ่านกระเพาะโคโดยใช้หัตถวิธีแบบตัด (cutting) พบว่า กระเพาะโคส่วนผ้าชีรีวและส่วนรังผึ้งที่ผ่านการล้างทั้ง 2 วิธี มีค่าแรงตัดผ่านไม่แตกต่างกัน ( $p>0.05$ ) ส่วนกระเพาะโคส่วนสามสิบกลีบที่ผ่านการใช้น้ำร้อนลวกในการทำความสะดวกมีค่าแรงตัดผ่านสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) (ตารางที่ 1) เมื่อเปรียบเทียบกับกระเพาะโคส่วนสามสิบกลีบที่ผ่านการล้างด้วยน้ำร้อนและแช่โซดาไฟ

ตารางที่ 1 แสดงค่าแรงตัดผ่าน (kg) ของกระเพาะโคชนิดต่างๆ ที่วัดด้วยหัตถวิธีแบบตัด (cutting)

| ชนิดของกระเพาะโค | วิธีการลวกน้ำร้อน (n=9) | วิธีลวกด้วยน้ำร้อนและแช่โซดาไฟ (n=9) |
|------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| ผ้าชีรีว         | 156.28±5.89             | 153.61±8.93                          |
| สามสิบกลีบ       | 11.30±1.61 <sup>a</sup> | 4.83±1.70 <sup>b</sup>               |
| รังผึ้ง          | 259.66±18.33            | 250.69±19.96                         |

หมายเหตุ : <sup>a, b</sup> อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ )

ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะเนื้อสัมผัสพบว่า กระเพาะโคส่วนผ้าชีรีวและกระเพาะโคส่วนรังผึ้งในกลุ่มที่ใช้ น้ำร้อนลวกในกระบวนการล้างมีค่าความแข็ง (hardness) สูงคือ 133.88 และ 164.17 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนกลุ่มที่ใช้ น้ำร้อนลวกและแช่โซดาไฟมีค่าความแข็งต่ำกว่าคือ 54.94 และ 99.58 กิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 2) โดยค่าที่มาก หมายถึง ต้องใช้แรงมากในการทำให้กระเพาะโคเสียรูป นอกจากนี้ความเหนียว (gumminess) และความทนต่อการเคี้ยว (chewiness) ของกระเพาะโคส่วนผ้าชีรีวและส่วนรังผึ้งที่ผ่านการล้างด้วยวิธีที่ 1 คือ การใช้น้ำร้อนลวก มีค่าการใช้แรงสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) เมื่อเทียบกับการล้างวิธีที่ 2 คือ ใช้น้ำร้อนลวกและแช่โซดาไฟ นอกจากนี้ความสามารถในการเกาะรวมตัวกัน (cohesiveness) รวมถึงความยืดหยุ่น (springiness) ในกระเพาะโคส่วนผ้าชีรีว กระเพาะสามสิบกลีบ และกระเพาะรังผึ้ง ในรูปแบบการล้างทั้ง 2 วิธี ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p>0.05$ )

ตารางที่ 2 แสดงค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของกระเพาะโคชนิดต่างๆที่วัดด้วยหัววัดแบบกด (TPA)

| ค่าลักษณะเนื้อสัมผัส | กระเพาะผ้าชีวรี            |                           | กระเพาะสามสิบกลีบ |                           | กระเพาะรังผึ้ง             |                           |
|----------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
|                      | น้ำร้อนลวก (n=6)           | น้ำร้อนลวกแช่โซดาไฟ (n=6) | น้ำร้อนลวก (n=6)  | น้ำร้อนลวกแช่โซดาไฟ (n=6) | น้ำร้อนลวก (n=6)           | น้ำร้อนลวกแช่โซดาไฟ (n=6) |
| Hardness (kg)        | 133.88 ±36.88 <sup>a</sup> | 54.94± 25.75 <sup>b</sup> | 5.14±3.68         | 4.01±2.14                 | 164.17±23.91 <sup>a</sup>  | 99.58±3.49 <sup>b</sup>   |
| Cohesiveness         | 0.74±0.04                  | 0.76±0.23                 | 0.66±0.01         | 0.86±0.08                 | 0.66±0.05                  | 0.66±0.02                 |
| Gumminess (N)        | 99.32±23.44 <sup>a</sup>   | 45.01±17.05 <sup>b</sup>  | 3.41±2.41         | 2.88±1.71                 | 109.74 ±19.33 <sup>a</sup> | 66.45±7.20 <sup>b</sup>   |
| Springiness (mm)     | 5.83 ±0.22                 | 5.55 ±0.83                | 4.73±1.37         | 5.35±0.68                 | 6.99±0.64                  | 7.62±0.73                 |
| Chewiness (N.mm)     | 577.71±122.96 <sup>a</sup> | 245.05±75.86 <sup>b</sup> | 18.25 ±14.04      | 16.13 ±10.61              | 703.17±118.88 <sup>a</sup> | 503.07±49.24 <sup>b</sup> |

หมายเหตุ : <sup>a,b</sup> อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

### สรุปและข้อเสนอแนะ

คุณลักษณะทางกายภาพของกระเพาะโคพันธุ์กำแพงแสนที่ผ่านการล้างทั้ง 2 วิธี คือการล้างทำความสะอาดแบบน้ำร้อนลวกเปรียบเทียบกับแบบน้ำร้อนลวกและแช่โซดาไฟ พบว่าการล้างทำความสะอาดแบบลวกน้ำร้อนและแช่โซดาไฟมีลักษณะทางกายภาพที่ดีกว่า คือใช้แรงในการ ตัด ความแข็ง ความเหนียว ความทนต่อการบดเคี้ยวน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการล้างแบบลวกน้ำร้อนลวกเพียงอย่างเดียวในกระบวนการล้างทำความสะอาด

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) ที่สนับสนุนทุนวิจัยประจำปี 2555

### เอกสารอ้างอิง

ศศิธร นาคทอง รัตนกร แสนทำพล สุรัชย์ เปี่ยมคล้า ญญาพร สุมณ และ วิรัตน์ สุมณ. 2553. การใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้จากกระบวนการการฆ่าโค. รายงานฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). กรุงเทพฯ.

## การศึกษาคุณภาพทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัสของไส้โคหมักเกลือที่เก็บรักษา ในอุณหภูมิและเวลาที่ต่างกัน

### The Study of Physical Characteristic of Salt Fermented Cattle Intestine Storage in Different Temperature and Time

จงกล เพ็งปรีชา<sup>1</sup>, วิรัตน์ สุมน<sup>3</sup>, สุรัชย์ เปี่ยมคล้า<sup>2</sup> และ ศศิธร นาคทอง<sup>1,2</sup>

Jongkon Pengpreecha<sup>1</sup>, Wirat Sumon<sup>3</sup>, Surachai Piamkla<sup>2</sup>, and Sasithon Nakthong<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม

<sup>2</sup>ศูนย์วิจัยและพัฒนาผลผลิตจากสัตว์ สถาบันสุวรรณวจากกลกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม

<sup>3</sup>สถานีวิจัยทับทวน สถาบันสุวรรณวจากกลกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สระบุรี

<sup>1</sup>Department of Animal Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University,  
Kamphaeng Saen campus, Nakorn Pathom, Thailand

<sup>2</sup>Animal Produce R&D Center, Suwanvajokkasikit Animal R&D Institute, Kasetsart University,  
Kamphaeng Saen Campus, Nakorn Pathom, Thailand

<sup>3</sup>Tabkwang Research Station, Suwanvajokkasikit Animal R&D Institute, Kasetsart University, Saraburi, Thailand

\*Corresponding author: an\_ku49@hotmail.com

#### บทคัดย่อ

ลำไส้เล็กของโคพื้นเมืองและโคพันธุ์กำแพงแสนหมักเกลืออัตราส่วน 1:1.5 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) ถูกนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับคือที่ 30 4 และ -20 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน โดยตรวจคุณภาพทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัสจากไส้หมักเกลือที่นำมาทำเป็นไส้บรรจุ ทุกๆ 1 เดือน เป็นเวลา 6 เดือน พบว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้หมักเกลือจากไส้โคพันธุ์กำแพงแสนและไส้โคพื้นเมือง ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 และ 4 องศาเซลเซียส มีค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความเหนียว (Gumminess) และค่าทนต่อการเคี้ยว (Chewiness) มากกว่าไส้หมักเกลือที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ส่วนระยะเวลาการเก็บรักษาเดือนที่ 1 จนถึงเดือนที่ 6 พบว่าระยะเวลาที่มากขึ้นมีผลต่อค่าความแข็ง ความเหนียว ความยืดหยุ่น และค่าทนต่อการเคี้ยวของไส้ลดลง

คำสำคัญ: ไส้โคหมักเกลือ

#### Abstract

The Kamphaeng Saen cattle intestine and Native cattle intestine were mixed with salt at the ratio of 1:1.5 (w/w). The experiment was divided to three groups: storage at 30, 4, and -20°C for 6 months. The texture properties of sample groups were analyzed every month for a total of 6 months. The result showed the textural properties of salt fermented cattle intestine from two types of cattle groups stored at -20 and 4°C had higher value in the hardness, gumminess, and the chewiness than stored at 30°C. For storage time, the result showed that hardness, gumminess, springiness, and chewiness decreased during storage.

**Keyword:** salt fermented cattle intestine

## บทนำ

เครื่องในโคเป็นผลพลอยได้ส่วนหนึ่งจากกระบวนการฆ่าโค ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้เกิดรายได้แก่ผู้ประกอบการโรงฆ่าโค แต่ในปัจจุบันผลตอบแทนจากการจำหน่ายเครื่องในมีมูลค่าต่ำลงอย่างมาก การนำเครื่องในส่วนของไส้โคมาเพิ่มมูลค่าโดยทำเป็นไส้บรรจุ ซึ่งไส้บรรจุที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไปส่วนใหญ่เป็นไส้บรรจุหมักเกลือที่ทำจากไส้สุกรและไส้แกะ โดยส่วนใหญ่เป็นไส้ที่มีการนำเข้าจากต่างประเทศ (ชัยณรงค์, 2546) จากการรายงานของศศิธร และคณะ (2553) เรื่อง การใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้จากกระบวนการการฆ่าโค ได้ทำการทดลองศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ลักษณะเนื้อสัมผัส การยอมรับของผู้บริโภค และคุณภาพทางชีวภาพของไส้โคพื้นเมืองหมักเกลือที่อัตราส่วนของไส้โคสดต่อเกลือคือ 1 : 1 1 : 1.5 1 : 2 และ 1 : 2.5 เปรียบเทียบกับไส้สุกรหมักเกลือ ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและแช่เย็น พบว่าไส้โคหมักเกลือที่อัตราส่วน 1 : 1.5 ให้ผลการทดสอบที่ดีที่สุดในเรื่องของค่าเนื้อสัมผัส ความหนา จุลินทรีย์ และการยอมรับของผู้บริโภคเมื่อทำเป็นไส้บรรจุผลิตภัณฑ์ไส้กรอก และพบว่าสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ได้เป็นเวลา 70 วัน ส่วนไส้โคหมักเกลือที่เก็บรักษาอุณหภูมิห้องสามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลา 45 วัน แต่ทั้งนี้ไส้โคหมักเกลือยังไม่ได้ศึกษาเรื่องอายุการเก็บรักษาแบบแช่แข็งเหมือนที่ขายกันในต่างประเทศ ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีการศึกษาลักษณะทางกายภาพไส้หมักเกลือของโคพันธุ์พื้นเมืองและลูกผสมยุโรป ที่เก็บไว้ในอุณหภูมิและเวลาที่ต่างกัน

## วัตถุประสงค์

ศึกษาคุณภาพทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัสของไส้โคหมักเกลือพื้นเมืองและลูกผสมยุโรปที่อุณหภูมิ 30 4 และ -20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 - 6 เดือน

## อุปกรณ์และวิธีการ

1. ขูดไส้โคสดของพันธุ์พื้นเมืองและลูกผสมยุโรป (โคพันธุ์กำแพงแสน) ล้างทำความสะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ นำมาหมักเกลือที่อัตราส่วน ไส้ : เกลือ คือ 1:1.5 ตามวิธีการของศศิธรและคณะ (2553) แบ่งการเก็บรักษาออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) กลุ่มที่ 2 เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น 4 องศาเซลเซียส และกลุ่มที่ 3 เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง (-20 องศาเซลเซียส)
2. ศึกษาลักษณะทางกายภาพจากไส้หมักเกลือทุกๆ 1 เดือน เป็นระยะเวลา 6 เดือน โดยทำการศึกษาคูณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสด้วยวิธีการ Texture Profile Analysis (TPA) โดยใช้เครื่อง Instron Universal Testing Machine (Lloyd Instrument; Hampshire, England) ใช้หัววัดแบบกด (TPA)
3. ข้อมูลที่ได้แบ่งเป็นสองชุดการทดลองคือ ศึกษาผลของอุณหภูมิการเก็บรักษาและระยะเวลาการเก็บรักษาของไส้โคพันธุ์กำแพงแสนหมักเกลือและศึกษาผลของอุณหภูมิการเก็บรักษาและระยะเวลาการเก็บรักษาของไส้โคพันธุ์พื้นเมืองหมักเกลือ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple's Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป R (2.9.2)

## ผลการศึกษาและวิจารณ์

### ค่าความแข็ง (Hardness)

ไส้โคพันธุ์กำแพงแสนหมักเกลือ พบว่าอุณหภูมิในการเก็บรักษาไส้โคพันธุ์กำแพงแสนหมักเกลือมีผลต่อค่าความแข็งของไส้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยมีแนวโน้มว่าไส้หมักเกลือที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ -20

องศาเซลเซียส มีค่าความแข็งของไส้มากกว่าไส้หมักเกลือที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เนื่องจากอุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียสที่ใช้ในการเก็บรักษาไส้โคพันธุ์กำแพงแสนหมักเกลือมีความเย็นมากอาจทำให้เซลล์ในเนื้อเยื่อของไส้เกิดการหดตัวทำให้ไส้โคมีความหนามากขึ้น จึงต้องใช้แรงกดมากขึ้นค่าความแข็งจึงมีค่ามากขึ้น

ไส้โคพื้นเมืองหมักเกลือ พบว่าอุณหภูมิในการเก็บรักษาไส้โคพื้นเมืองหมักเกลือมีผลต่อค่าความแข็งของไส้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยมีแนวโน้มว่าไส้หมักเกลือที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียส มีค่าความแข็งของไส้มากกว่าไส้หมักเกลือที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ในด้านระยะเวลาการเก็บรักษาพบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาส่งผลต่อค่าความแข็งของไส้โคพันธุ์กำแพงแสนและไส้โคพื้นเมืองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยมีแนวโน้มว่าไส้หมักเกลือที่เก็บรักษาที่ระยะเวลามากขึ้นจะมีค่าความแข็งของไส้ลดลง

ตารางที่ 1 ค่าความแข็ง (Hardness) (kg) ของไส้โคเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 4 และ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

| เดือน<br>ที่ | ไส้โคพันธุ์กำแพงแสนหมักเกลือ        |                              |                               | ไส้โคพื้นเมือง                      |                               |                              |
|--------------|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
|              | อุณหภูมิการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส) |                              |                               | อุณหภูมิการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส) |                               |                              |
|              | 30                                  | 4                            | -20                           | 30                                  | 4                             | -20                          |
| 1            | 23.11 ± 1.62 <sup>/A</sup>          | 20.65 ± 0.56 <sup>/B</sup>   | 21.41 ± 2.76 <sup>/B</sup>    | 22.28 ± 2.03 <sup>/A</sup>          | 22.52 ± 3.45 <sup>/A</sup>    | 22.61 ± 3.92 <sup>/AB</sup>  |
| 2            | 20.84 ± 1.12 <sup>/AB</sup>         | 21.20 ± 2.51 <sup>/AB</sup>  | 18.36 ± 2.23 <sup>/B</sup>    | 17.20 ± 2.99 <sup>b/BC</sup>        | 19.33 ± 1.57 <sup>ab/AB</sup> | 21.48 ± 1.22 <sup>a/AB</sup> |
| 3            | 21.98 ± 2.00 <sup>b/AB</sup>        | 24.91 ± 3.83 <sup>ab/A</sup> | 25.74 ± 1.36 <sup>a/A</sup>   | 22.06 ± 1.60 <sup>/A</sup>          | 21.68 ± 1.39 <sup>/A</sup>    | 23.50 ± 1.12 <sup>/A</sup>   |
| 4            | 17.58 ± 0.94 <sup>b/B</sup>         | 20.98 ± 2.47 <sup>a/B</sup>  | 19.95 ± 1.09 <sup>ab/B</sup>  | 18.69 ± 0.72 <sup>/AB</sup>         | 21.51 ± 1.01 <sup>/A</sup>    | 21.77 ± 2.12 <sup>/AB</sup>  |
| 5            | 20.30 ± 1.14 <sup>b/AB</sup>        | 25.00 ± 1.90 <sup>a/A</sup>  | 22.15 ± 2.42 <sup>ab/AB</sup> | 15.95 ± 1.42 <sup>b/C</sup>         | 18.75 ± 2.05 <sup>ab/AB</sup> | 19.55 ± 0.50 <sup>a/B</sup>  |
| 6            | 19.45 ± 2.65 <sup>/B</sup>          | 19.11 ± 5.02 <sup>/BC</sup>  | 19.20 ± 2.24 <sup>/B</sup>    | 15.66 ± 0.51 <sup>b/C</sup>         | 17.39 ± 0.69 <sup>ab/B</sup>  | 19.44 ± 2.37 <sup>a/B</sup>  |

หมายเหตุ: <sup>a,b</sup> อักษรที่ต่างกันแถวตอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ( $p < 0.05$ )

<sup>A,B</sup> อักษรที่ต่างกันแถวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ( $p < 0.05$ )

ตารางที่ 2 ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกัน (cohesiveness) ของไส้โคเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 4 และ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

| เดือนที่ | ไส้โคพันธุ์กำแพงแสนหมักเกลือ        |             |             | ไส้โคพื้นเมือง                      |             |             |
|----------|-------------------------------------|-------------|-------------|-------------------------------------|-------------|-------------|
|          | อุณหภูมิการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส) |             |             | อุณหภูมิการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส) |             |             |
|          | 30                                  | 4           | -20         | 30                                  | 4           | -20         |
| 1        | 0.30 ± 0.08                         | 0.33 ± 0.07 | 0.37 ± 0.06 | 0.31 ± 0.07                         | 0.38 ± 0.06 | 0.40 ± 0.06 |
| 2        | 0.36 ± 0.03                         | 0.40 ± 0.06 | 0.31 ± 0.09 | 0.38 ± 0.07                         | 0.36 ± 0.07 | 0.31 ± 0.08 |
| 3        | 0.43 ± 0.05                         | 0.45 ± 0.02 | 0.46 ± 0.05 | 0.40 ± 0.09                         | 0.38 ± 0.05 | 0.40 ± 0.06 |
| 4        | 0.38 ± 0.02                         | 0.36 ± 0.06 | 0.36 ± 0.04 | 0.38 ± 0.03                         | 0.35 ± 0.06 | 0.36 ± 0.06 |
| 5        | 0.36 ± 0.07                         | 0.40 ± 0.17 | 0.35 ± 0.04 | 0.43 ± 0.07                         | 0.36 ± 0.07 | 0.38 ± 0.05 |
| 6        | 0.32 ± 0.04                         | 0.35 ± 0.02 | 0.33 ± 0.07 | 0.40 ± 0.02                         | 0.42 ± 0.02 | 0.32 ± 0.06 |

### ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกัน (Cohesiveness)

จากผลการศึกษาอุณหภูมิในการเก็บรักษาพบว่าอุณหภูมิไม่มีผลต่อค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกันของไส้โคพันธุ์กำแพงแสนหมักเกลือและไส้โคพื้นเมืองหมักเกลืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ )

ในทำนองเดียวกันระยะเวลาการเก็บรักษาก็ไม่ส่งผลต่อค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกันของไส้โคพันธุ์กำแพงแสนหมักเกลือและไส้โคพื้นเมืองหมักเกลือ

### ค่าความเหนียว (Gumminess)

ไส้โคพันธุ์กำแพงแสนหมักเกลือ พบว่าอุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อค่าความเหนียวของไส้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) โดยพบว่าไส้โคพันธุ์กำแพงแสนหมักเกลือที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีความเหนียวมากกว่าไส้โคพันธุ์กำแพงแสนหมักเกลือที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 และ -20 องศาเซลเซียส เนื่องจากค่าความเหนียว (Gumminess) เป็นค่าที่ได้จากผลคูณของค่าความแข็ง (Hardness) และค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกัน (Cohesiveness) ซึ่งสอดคล้องกับค่าความแข็ง โดยเมื่อมีค่ามากขึ้นจะทำให้ค่าความเหนียวมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย

ไส้โคพื้นเมืองหมักเกลือ พบว่าอุณหภูมิในการเก็บรักษาไส้โคพื้นเมืองหมักเกลือไม่มีผลต่อค่าความเหนียว

ในด้านระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่าค่าความเหนียวของไส้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) ทั้งจากไส้โคพันธุ์กำแพงแสนและไส้โคพื้นเมือง โดยพบว่าค่าความเหนียวของไส้มีค่ามากที่สุดเมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลานาน 3 เดือน

ตารางที่ 3 ค่าความเหนียว (Gumminess) (kg) ของไส้โคเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 4 และ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

| เดือนที่ | ไส้โคพันธุ์กำแพงแสนหมักเกลือ        |                              |                             | ไส้โคพื้นเมือง                      |             |             |
|----------|-------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|-------------|-------------|
|          | อุณหภูมิการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส) |                              |                             | อุณหภูมิการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส) |             |             |
|          | 30                                  | 4                            | -20                         | 30                                  | 4           | -20         |
| 1        | 6.93 ± 1.84 <sup>BC</sup>           | 6.77 ± 1.33 <sup>B</sup>     | 7.83 ± 0.48 <sup>B</sup>    | 6.84 ± 1.34                         | 8.37 ± 1.48 | 7.74 ± 2.92 |
| 2        | 5.60 ± 0.55 <sup>BC</sup>           | 8.34 ± 1.20 <sup>AB</sup>    | 7.50 ± 1.43 <sup>AB/B</sup> | 7.92 ± 0.69                         | 6.99 ± 1.65 | 5.34 ± 1.54 |
| 3        | 9.50 ± 1.81 <sup>BA</sup>           | 11.23 ± 2.11 <sup>AB/A</sup> | 12.51 ± 0.90 <sup>BA</sup>  | 8.84 ± 2.26                         | 8.29 ± 1.28 | 9.51 ± 1.64 |
| 4        | 6.71 ± 0.70 <sup>BC</sup>           | 7.70 ± 1.97 <sup>B</sup>     | 7.26 ± 1.08 <sup>B</sup>    | 7.13 ± 0.64                         | 7.65 ± 1.54 | 7.82 ± 1.72 |
| 5        | 7.22 ± 1.38 <sup>BA/B</sup>         | 11.74 ± 5.11 <sup>BA</sup>   | 7.62 ± 0.79 <sup>BB</sup>   | 6.97 ± 1.75                         | 7.16 ± 1.97 | 7.13 ± 1.01 |
| 6        | 6.21 ± 1.25 <sup>BC</sup>           | 6.80 ± 2.06 <sup>B</sup>     | 6.28 ± 1.49 <sup>B</sup>    | 6.94 ± 0.50                         | 6.60 ± 0.46 | 6.12 ± 1.16 |

หมายเหตุ : <sup>a,b</sup> อักษรที่ต่างกันแถวตอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ( $p<0.05$ )

<sup>AB</sup> อักษรที่ต่างกันแถวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ( $p<0.05$ )

### ค่าความยืดหยุ่น (Springiness)

ไส้โคพันธุ์กำแพงแสนหมักเกลือ พบว่าอุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อค่าความยืดหยุ่นของไส้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) โดยพบว่าไส้โคพันธุ์กำแพงแสนหมักเกลือที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีความยืดหยุ่นมากกว่าไส้โคพันธุ์กำแพงแสนหมักเกลือที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 และ -20 องศาเซลเซียส

ไส้โคพื้นเมืองหมักเกลือ พบว่าอุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อค่าความยืดหยุ่นของไส้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยพบว่าไส้หมักเกลือที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 และ 4 องศาเซลเซียส มีค่าความยืดหยุ่นของไส้มากกว่าไส้หมักเกลือที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

ในด้านระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่าไม่ส่งผลต่อไส้โคพันธุ์กำแพงแสนหมักเกลือ แต่ส่งผลต่อไส้โคพื้นเมืองหมักเกลือ โดยพบว่าค่าความยืดหยุ่นของไส้โคพื้นเมืองหมักเกลือมีค่าลดลงเมื่อทำการเก็บรักษาเป็นระยะเวลาสั้นขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

ตารางที่ 4 ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) (mm) ของไส้โคเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 4 และ -20 องศาเซลเซียส

เป็นเวลา 6 เดือน

| เดือนที่ | ไส้โคพันธุ์กำแพงแสนหมักเกลือ        |                             |                             | ไส้โคพื้นเมือง                      |                            |                              |
|----------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|----------------------------|------------------------------|
|          | อุณหภูมิการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส) |                             |                             | อุณหภูมิการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส) |                            |                              |
|          | 30                                  | 4                           | -20                         | 30                                  | 4                          | -20                          |
| 1        | 14.95 ± 1.60 <sup>a</sup>           | 15.75 ± 1.59 <sup>a/A</sup> | 12.99 ± 0.77 <sup>b/B</sup> | 15.03 ± 1.36 <sup>a/A</sup>         | 13.21 ± 2.21 <sup>b</sup>  | 13.77 ± 0.73 <sup>b/A</sup>  |
| 2        | 15.44 ± 0.31                        | 15.52 ± 0.84 <sup>/A</sup>  | 14.79 ± 1.02 <sup>/AB</sup> | 14.36 ± 0.57 <sup>a/A</sup>         | 13.42 ± 0.18 <sup>ab</sup> | 12.37 ± 1.08 <sup>b/AB</sup> |
| 3        | 14.66 ± 1.01                        | 15.73 ± 0.29 <sup>/A</sup>  | 15.42 ± 0.47 <sup>/A</sup>  | 14.37 ± 1.00 <sup>a/A</sup>         | 12.96 ± 0.17 <sup>b</sup>  | 12.04 ± 0.21 <sup>b/AB</sup> |
| 4        | 14.94 ± 0.98                        | 13.92 ± 0.76 <sup>/B</sup>  | 13.88 ± 0.85 <sup>/B</sup>  | 13.62 ± 0.87 <sup>a/AB</sup>        | 13.54 ± 0.41 <sup>a</sup>  | 11.71 ± 0.88 <sup>b/B</sup>  |
| 5        | 14.93 ± 0.56                        | 15.77 ± 0.41 <sup>/A</sup>  | 16.12 ± 0.92 <sup>/A</sup>  | 12.60 ± 0.50 <sup>/B</sup>          | 12.73 ± 0.22               | 12.40 ± 0.61 <sup>/AB</sup>  |
| 6        | 14.12 ± 0.86                        | 14.04 ± 1.10 <sup>/AB</sup> | 14.85 ± 0.42 <sup>/AB</sup> | 12.26 ± 0.39 <sup>/B</sup>          | 11.35 ± 0.86               | 11.63 ± 1.24 <sup>/B</sup>   |

หมายเหตุ: <sup>a,b</sup> อักษรที่ต่างกันแถวบนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ( $p < 0.05$ )

<sup>A,B</sup> อักษรที่ต่างกันแถวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ( $p < 0.05$ )

#### ค่าทนต่อการเคี้ยว (Chewiness)

ไส้โคพันธุ์กำแพงแสนหมักเกลือ พบว่าอุณหภูมิในการเก็บรักษาไส้โคพันธุ์กำแพงแสนหมักเกลือมีผลต่อค่าทนต่อการเคี้ยวของไส้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยพบว่าไส้โคพันธุ์กำแพงแสนหมักเกลือที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียส มีค่าทนต่อการเคี้ยวของไส้มากกว่าไส้หมักเกลือที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เนื่องจากค่าทนต่อการเคี้ยว (Chewiness) เป็นค่าที่ได้จากผลคูณของค่าความเหนียว (Gumminess) [ค่าทนต่อการเคี้ยว = ค่าความแข็ง (Hardness) คูณค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกัน (Cohesiveness)] และค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ซึ่งสอดคล้องกับค่าความแข็ง โดยเมื่อมีค่ามากขึ้นจะทำให้ค่าทนต่อการเคี้ยวมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย

ไส้โคพื้นเมืองหมักเกลือ พบว่าอุณหภูมิในการเก็บรักษาไส้โคพื้นเมืองหมักเกลือมีผลต่อค่าทนต่อการเคี้ยวของไส้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยพบว่าไส้โคพื้นเมืองหมักเกลือที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ -20 องศาเซลเซียส มีค่าทนต่อการเคี้ยวของไส้มากกว่าไส้หมักเกลือที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับค่าความแข็ง โดยเมื่อมีค่ามากขึ้นจะทำให้ค่าทนต่อการเคี้ยวมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย

ในด้านระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่าไม่ส่งผลต่อค่าทนต่อการเคี้ยวของไส้โคพันธุ์กำแพงแสนหมักเกลือ และไส้โคพื้นเมืองหมักเกลือ

ตารางที่ 5 ค่าทนต่อการเคี้ยว (Chewiness) (kg.mm) ของไส้โคเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 4 และ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

| เดือน<br>ที่ | ไส้โคพันธุ์กำแพงแสนหมักเกลือ        |                              |                              | ไส้โคพื้นเมือง                      |                               |                               |
|--------------|-------------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|              | อุณหภูมิการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส) |                              |                              | อุณหภูมิการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส) |                               |                               |
|              | 30                                  | 4                            | -20                          | 30                                  | 4                             | -20                           |
| 1            | 104.69 <sup>aB</sup> ±33.58         | 105.10 <sup>bB</sup> ±13.01  | 101.45 <sup>bB</sup> ±4.58   | 101.61 <sup>b/AB</sup> ±13.69       | 111.91 <sup>ab/A</sup> ±34.99 | 149.22 <sup>a/A</sup> ±46.46  |
| 2            | 115.78 <sup>aB</sup> ±8.92          | 129.81 <sup>bB</sup> ±22.14  | 112.30 <sup>bB</sup> ±20.50  | 65.88 <sup>bB</sup> ±12.32          | 93.76 <sup>ab/AB</sup> ±21.82 | 113.86 <sup>a/AB</sup> ±18.16 |
| 3            | 138.16 <sup>b/A</sup> ±19.92        | 176.90 <sup>a/A</sup> ±34.73 | 192.90 <sup>a/A</sup> ±16.57 | 127.51 <sup>a</sup> ±35.04          | 107.59 <sup>aB</sup> ±17.76   | 114.81 <sup>aB</sup> ±21.49   |
| 4            | 100.22 <sup>aB</sup> ±12.55         | 106.14 <sup>bB</sup> ±24.66  | 100.42 <sup>bB</sup> ±13.92  | 83.70 <sup>bB</sup> ±11.74          | 103.48 <sup>aB</sup> ±20.66   | 106.76 <sup>aB</sup> ±24.75   |
| 5            | 108.27 <sup>b/AB</sup> ±23.77       | 184.85 <sup>a/A</sup> ±79.87 | 123.12 <sup>bB</sup> ±17.15  | 88.13 <sup>bB</sup> ±23.83          | 91.24 <sup>aB</sup> ±25.43    | 88.12 <sup>bC</sup> ±9.86     |
| 6            | 87.62 <sup>bB</sup> ±17.73          | 94.83 <sup>bB</sup> ±27.25   | 93.31 <sup>bB</sup> ±22.25   | 85.00 <sup>bB</sup> ±5.40           | 74.92 <sup>bB</sup> ±7.96     | 71.97 <sup>c</sup> ±19.98     |

หมายเหตุ : <sup>a,b</sup> อักษรที่ต่างกันแถวบนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย (p<0.05)

<sup>A,B</sup> อักษรที่ต่างกันแถวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย (p<0.05)

### สรุปและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้หมักเกลือทั้งจากไส้โคพันธุ์กำแพงแสนและไส้โคพื้นเมือง พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 และ 4 องศาเซลเซียส มีค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความเหนียว (Gumminess) และค่าทนต่อการเคี้ยว (Chewiness) มากกว่าไส้หมักเกลือที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ส่วนระยะเวลาการเก็บรักษาไส้โคหมักเกลือเดือนที่ 1 จนถึงเดือนที่ 6 พบว่าไส้หมักเกลือที่เก็บรักษาที่ระยะเวลาเพิ่มขึ้นพบค่าความแข็ง ความเหนียว ความยืดหยุ่น และค่าทนต่อการเคี้ยวของไส้ลดลง

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) ที่สนับสนุนทุนวิจัยประจำปี 2555

### เอกสารอ้างอิง

ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2546. วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์. ภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. นครปฐม. 564 น.  
ศศิธร นาคทอง รัตนากร แสนทำพล สุรัชย์ เปี่ยมคล้า ณีญาพร สุมณ และ วิรัตน์ สุมณ. 2553. รายงานฉบับสมบูรณ์ชุดโครงการ การใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้จากกระบวนการฆ่าโค. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) กรุงเทพฯ.

## การเปลี่ยนแปลงสีของกระเพาะโคแช่แข็งที่ได้จากการล้างอย่างปลอดภัย 2 วิธี

### Color Change of Frozen Cow Tripe from Two Safety Cleaning Methods

สุวิทย์ บรรพบุตร<sup>1</sup> อนุชิต ยวนพลอย<sup>1</sup> พรพิมล รักษ์ยงค์<sup>1</sup> และ ศศิธร นาคทอง<sup>1,2\*</sup>

Suwit Banpabutr<sup>1</sup>, Anuchit Yuanploy<sup>1</sup>, Pornpimol Rukyindee<sup>1</sup>, and Sasitorn Nakthong<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup> ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม

<sup>2</sup> ศูนย์วิจัยและพัฒนาผลิตผลจากสัตว์ สดบันสุวรรณาจากกลกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม

<sup>1</sup> Department of Animal Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen campus, Nakorn Pathom, Thailand

<sup>2</sup> Animal Produce R & D Center, Suwanvajokkasit Animal R & D Institute, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakorn Pathom, Thailand

\*Corresponding author: agrsas@ku.ac.th, snakthong@hotmail.com

### บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์การศึกษานี้เพื่อทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสีของกระเพาะโคแช่แข็ง (-20 องศาเซลเซียส) ที่ได้จากการล้างทำความสะอาดด้วยการลวกด้วยน้ำร้อน (วิธีที่ 1) และการลวกด้วยน้ำร้อนร่วมกับการใช้โซดาไฟ (วิธีที่ 2) ตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของสีทุก 1 เดือน เป็นเวลา 3 เดือน พบว่า กระเพาะโคแช่แข็งที่ได้จากการล้างทำความสะอาดด้วยวิธีที่ 1 มีคุณลักษณะของค่าสี L\* (ความสว่าง) ค่าสี a\* (ความแดง) และค่าสี b\* (ความเหลือง) มากกว่าวิธีที่ 2 คือมีสีขาวออกเหลืองแดงมากกว่าวิธีที่ 2 ( $p < 0.05$ ) และสีของกระเพาะโคได้จากทั้ง 2 วิธีไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาแบบแช่แข็ง ( $p > 0.05$ )

**คำสำคัญ:** กระเพาะโคแช่แข็ง การลวกด้วยน้ำร้อน โซดาไฟ สี

### Abstract

The aim of this study was to compare color change of frozen tripe cattle (-20 C°) obtained from two cleaning methods: 1) scalding in hot water and 2) scalding in hot water and sodium hydroxide solution. Color of the frozen tripe was measured every month during 3 month storage. It was found that frozen tripe obtained from method 1 cleaning showed more white, yellow, red with higher L\* (lightness), a\* (redness), and b\* (yellowness) values than the one obtained from method 2 ( $p < 0.05$ ). The color changes of the tripe obtained from both methods during the time of frozen storage were not significant different ( $p > 0.05$ ).

**Keyword:** frozen tripe, scalding, sodium hydroxide, color

### บทนำ

ประเทศไทยมีผู้นิยมนำเครื่องในโคมาบริโภคเป็นจำนวนมากเนื่องจากมีรสชาติที่ดี ราคาถูก อีกทั้งเครื่องในยังเป็นแหล่งที่มีโปรตีนสูงและมีคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญ ผู้ประกอบการบางรายใช้สารเคมีในการล้างทำ

ความสะอาดซึ่งมีอันตรายต่อผู้บริโภค การใช้สารเคมีบางชนิดในกระบวนการล้างมีผลต่อลักษณะทางกายภาพ เพื่อเพิ่มความกรอบ ยืดหยุ่น ความอร่อย และจากงานวิจัยวิธีการล้างทำความสะอาดกระเพาะโคพื้นเมืองไทย ของปัทย์ (2553) ได้พบว่า วิธีการล้างโดยใช้น้ำร้อนลวก มีความปลอดภัยทั้งทางเคมีและชีวภาพมากที่สุด แต่ในขณะทำการเพิ่มความเค็มกรอบ โดยการใช้โซดาไฟช่วยมีผลทำให้ผู้บริโภคให้การยอมรับสูงสุดเนื่องจากลักษณะทางกายภาพที่ดี คือมีความขาว เด้ง กรอบ แต่อย่างไรก็ตามยังไม่เคยมีรายงานใดกล่าวถึงการเก็บรักษากระเพาะโคโดยการแช่แข็ง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาถึงคุณลักษณะสีของกระเพาะโคที่เก็บรักษาด้วยวิธีการแช่แข็งที่ผ่านการล้างทำความสะอาดด้วยวิธีการล้างแบบน้ำร้อนลวกและวิธีการล้างที่มีการใช้สารเคมีร่วมด้วย

### วัตถุประสงค์

เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพสีของกระเพาะโคที่ได้จากการล้างทำความสะอาดด้วยวิธีการใช้น้ำร้อนลวก และวิธีการใช้น้ำร้อนลวกและแช่โซดาไฟระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่แข็ง

### อุปกรณ์และวิธีการ

นำกระเพาะโคจากโคขุนพันธุ์กำแพงแสน ส่วนของกระเพาะผ่ำซี่วัว (rumen) กระเพาะรังผึ้ง (reticulum) กระเพาะสามสิบกลีบ (omasum) มาล้างทำความสะอาด 2 แบบ (ศศิธร และคณะ, 2553) วิธีที่ 1 ใช้น้ำร้อนลวก โดยนำกระเพาะโคไปลวกในน้ำร้อนอุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 1 นาที ขูดสิ่งสกปรกที่ติดค้างให้หลุดไป ล้างด้วยน้ำสะอาด วิธีที่ 2 ใช้น้ำร้อนลวกตามด้วยการแช่โซดาไฟ โดยนำกระเพาะโคไปลวกในน้ำร้อนอุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 1 นาที ขูดสิ่งสกปรกที่ติดค้างให้หลุดไป ล้างด้วยน้ำสะอาด และนำไปแช่ในสารละลายโซดาไฟ (5 กรัม/น้ำ 1 ลิตร) จากนั้นนำกระเพาะแต่ละชนิดมาตัดแบ่งเป็นชิ้นเล็กๆ แต่ละชิ้นมีขนาดประมาณ 20 ตารางเซนติเมตร จำนวน 18 ชิ้น ทำการบรรจุถุงๆ ละ 6 ชิ้น ทั้งหมด 3 ถุง แล้วนำตัวอย่างทั้งหมดไปแช่แข็งอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 1-3 เดือน ในแต่ละเดือนนำตัวอย่างกระเพาะทั้ง 3 ชนิด มาศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีของกระเพาะโคที่เก็บรักษาด้วยเครื่องวัดสี colorimeter (MiniScan EZ, U.S.A) เพื่อศึกษาค่าสี L\* (Lightness) a\* (redness to greenness) และ b\* (yellowness to blueness) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance) เปรียบเทียบความแตกต่างของสีกระเพาะโคแต่ละกลุ่มวิธีล้างทำความสะอาดโดยใช้ Student's t-test และทดสอบความแตกต่างของสีกระเพาะโคที่เก็บแช่แข็งแต่ละเดือนโดยใช้ F-test ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป R (2.9.2)

### ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการทดลองพบว่า ค่าสีของกระเพาะโคส่วนผ่ำซี่วัว สามสิบกลีบ และรังผึ้งของวิธีที่ 1 หรือกลุ่มที่ผ่านการล้างด้วยน้ำร้อนลวกเพียงอย่างเดียวมีค่าสี L\* (ความสว่าง) ค่าสี a\* (ความแดง) และค่าสี b\* (ความเหลือง) มากกว่ากระเพาะโคที่ผ่านการล้างด้วยน้ำร้อนลวกและแช่โซดาไฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) การสังเกตสีของกระเพาะโคแช่แข็งด้วยสายตา พบว่ากระเพาะโคทั้งส่วนผ่ำซี่วัว สามสิบกลีบ และรังผึ้งที่ล้างทำความสะอาดด้วยวิธีที่ 2 หรือการใช้น้ำร้อนลวกและแช่โซดาไฟมีสีเข้มกว่ากระเพาะโคที่ล้างทำความสะอาดด้วยวิธีที่ 1 หรือการใช้น้ำร้อนลวก อาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีนที่เกิดจากความร้อนของโซดาไฟและที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีที่ทำให้โปรตีนในกระเพาะโคเสียสภาพและมีสีที่ผิดออกไป (สุทรวพันธ์, 2548)

ส่วนค่าสีของกระเพาะโคที่ผ่านการล้างทำความสะอาดด้วยวิธีการใช้น้ำร้อนลวก และวิธีการใช้น้ำร้อนลวก และแช่โซดาไฟ ทั้งส่วนผ้าชีวรีว สามสีกกลีบ และรังผึ้งที่เก็บรักษาแบบแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่ามีค่าสี L\* a\* และ b\* ไม่แตกต่างกัน ( $p>0.05$ ) แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของกระเพาะโค

ตารางที่ 1 ค่าสีของกระเพาะโคส่วนผ้าชีวรีวที่ผ่านกระบวนการล้างทำความสะอาดด้วยวิธีต่างกันและเก็บรักษาแบบแช่แข็งเป็นระยะเวลา 1 2 และ 3 เดือน

| เดือน | ค่าสี                   |                         |                         |                         |                         |                        |
|-------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
|       | L*                      |                         | a*                      |                         | b*                      |                        |
|       | วิธีที่ 1               | วิธีที่ 2               | วิธีที่ 1               | วิธีที่ 2               | วิธีที่ 1               | วิธีที่ 2              |
| 1     | 77.45±1.83 <sup>a</sup> | 68.16±6.18 <sup>b</sup> | -0.27±0.21 <sup>a</sup> | -3.12±0.68 <sup>b</sup> | 14.31±0.70 <sup>a</sup> | 5.45±2.36 <sup>b</sup> |
| 2     | 77.62±5.26 <sup>a</sup> | 67.12±7.26 <sup>b</sup> | -0.37±0.64 <sup>a</sup> | -2.56±1.57 <sup>b</sup> | 14.21±1.79 <sup>a</sup> | 5.00±2.58 <sup>b</sup> |
| 3     | 77.35±2.22 <sup>a</sup> | 64.75±4.14 <sup>b</sup> | -0.29±0.79 <sup>a</sup> | -2.76±2.05 <sup>b</sup> | 13.60±1.00 <sup>a</sup> | 6.41±2.64 <sup>b</sup> |

หมายเหตุ: <sup>a, b</sup> อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนของแต่ละค่าแสดงถึงความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) การทดสอบความแตกต่างของสีกระเพาะโคที่เก็บแช่แข็งแต่ละเดือนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p>0.05$ )

ตารางที่ 2 ค่าสีของกระเพาะโคส่วนสามสีกกลีบที่ผ่านกระบวนการล้างทำความสะอาดด้วยวิธีต่างกันและเก็บรักษาแบบแช่แข็งเป็นระยะเวลา 1 2 และ 3 เดือน

| เดือน | ค่าสี                   |                         |                        |                         |                         |                        |
|-------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
|       | L*                      |                         | a*                     |                         | b*                      |                        |
|       | วิธีที่ 1               | วิธีที่ 2               | วิธีที่ 1              | วิธีที่ 2               | วิธีที่ 1               | วิธีที่ 2              |
| 1     | 70.06±0.65 <sup>a</sup> | 62.32±6.56 <sup>b</sup> | 0.46±1.29 <sup>a</sup> | -2.12±1.40 <sup>b</sup> | 12.09±2.31 <sup>a</sup> | 7.92±0.91 <sup>b</sup> |
| 2     | 69.46±6.71 <sup>a</sup> | 62.41±7.30 <sup>b</sup> | 0.44±0.52 <sup>a</sup> | -2.29±1.31 <sup>b</sup> | 12.04±1.36 <sup>a</sup> | 7.88±1.36 <sup>b</sup> |
| 3     | 71.66±2.89 <sup>a</sup> | 64.01±1.77 <sup>b</sup> | 0.58±0.88 <sup>a</sup> | -2.08±1.85 <sup>b</sup> | 12.37±0.69 <sup>a</sup> | 8.44±1.58 <sup>b</sup> |

หมายเหตุ: <sup>a, b</sup> อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนของแต่ละค่าแสดงถึงความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) การทดสอบความแตกต่างของสีกระเพาะโคที่เก็บแช่แข็งแต่ละเดือนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p>0.05$ )

ตารางที่ 3 ค่าสีของกระเพาะโคส่วนรังผึ้งที่ผ่านกระบวนการล้างทำความสะอาดด้วยวิธีต่างกันและเก็บรักษาแบบแช่แข็งเป็นระยะเวลา 1 2 และ 3 เดือน

| เดือน | ค่าสี                   |                         |                        |                         |                         |                         |
|-------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|       | L*                      |                         | a*                     |                         | b*                      |                         |
|       | วิธีที่ 1               | วิธีที่ 2               | วิธีที่ 1              | วิธีที่ 2               | วิธีที่ 1               | วิธีที่ 2               |
| 1     | 71.57±2.64 <sup>a</sup> | 65.58±2.05 <sup>b</sup> | 2.22±2.83 <sup>a</sup> | -1.87±1.16 <sup>b</sup> | 15.81±1.19 <sup>a</sup> | 9.87±2.09 <sup>b</sup>  |
| 2     | 71.46±6.12 <sup>a</sup> | 64.00±4.37 <sup>b</sup> | 2.29±0.84 <sup>a</sup> | -1.33±0.95 <sup>b</sup> | 15.03±0.78 <sup>a</sup> | 10.24±1.67 <sup>b</sup> |
| 3     | 71.56±5.49 <sup>a</sup> | 64.93±2.79 <sup>b</sup> | 2.08±0.59 <sup>a</sup> | -0.83±1.40 <sup>b</sup> | 15.82±0.82 <sup>a</sup> | 12.60±2.47 <sup>b</sup> |

หมายเหตุ: <sup>a, b</sup> อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนของแต่ละค่าแสดงถึงความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) การทดสอบความแตกต่างของสีกระเพาะโคที่เก็บแช่แข็งแต่ละเดือนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05)

### สรุปและข้อเสนอแนะ

การเปลี่ยนแปลงสีของกระเพาะโคทั้งส่วนผ้าขี้ริ้ว สามสิบกลีบ และรังผึ้ง ที่ผ่านการล้างด้วยวิธีต่างกัน แล้วเก็บแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสนั้น การล้างด้วยวิธีที่ 1 (น้ำร้อนลวก) มีค่าสีออกขาวอมเหลืองแดง มากกว่ากระเพาะโคที่ล้างด้วยวิธีที่ 2 (น้ำร้อนลวกและแช่โซดาไฟ) ส่วนระยะเวลาในการเก็บรักษาแบบแช่แข็งที่ อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของกระเพาะโคที่ผ่านการล้างทำความสะอาดด้วยวิธีการใช้น้ำร้อนลวก และวิธีการใช้น้ำร้อนลวกและแช่โซดาไฟ ทั้งส่วนผ้าขี้ริ้ว สามสิบกลีบ และรังผึ้ง

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) ที่สนับสนุนทุนวิจัยประจำปี 2555

### เอกสารอ้างอิง

- ปัทย์ สำเภาเงิน. 2553. วิธีการล้างทำความสะอาดกระเพาะโคพื้นเมืองไทยให้มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการผลิตสัตว์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศศิธร นาคทอง รัตนากร แสนทำพล สุรัชย์ เปี่ยมคล้า ญญาพร สุมณ และ วิรัตน์ สุมณ. 2553. การใช้ประโยชน์จาก ผลพลอยได้จากกระบวนการฆ่าโค. รายงานฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). กรุงเทพฯ.
- สุทรวัดน์ เบณจกุล. 2548. การสูญเสียสภาพของโปรตีนระหว่างการแปรรูป. [online]. Available: <http://pirun.ku.ac.th/~b4902089/โปรตีน/การเปลี่ยนแปลง/การเสื่อมเสียระหว่างการแปรรูป.html>. [สืบค้น วันที่ 5 ธันวาคม 2555].

ผลของสารสกัดชาเขียว สภาวะการบรรจุ และระยะเวลาที่เก็บรักษาต่อคุณภาพ  
ของผลิตภัณฑ์หมูหวาน  
Effects of Green Tea Extract, Packaging Condition, and Storage Time on Quality  
of Semi-Dried Sweet Pork

ศุภลักษณ์ สรภักดี\*, คมแข พิลาสมบัติ, อังคณา ทุมดี และ ณัฐนรกร จันทรธิมาน

Supaluk Sorapukdee\*, Komkhae Pilasombut, Angkana Thumdee, and Natnarakorn Janthimarn

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,  
ลาดกระบัง, กรุงเทพฯ

Department of Animal Production Technology and Fisheries, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of  
Technology Ladkrabang, Bangkok

\*Corresponding author: kssuplu@kmitl.ac.th

### บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาผลของการเติมสารสกัดชาเขียว สภาวะการบรรจุ และระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อการออกซิเดชันของไขมันและการเจริญของยีสต์และราในผลิตภัณฑ์หมูหวาน ผลการศึกษาพบว่า การใช้สารสกัดชาเขียวที่ความเข้มข้น 100 และ 200 มิลลิกรัม/กิโลกรัม สามารถลดการออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์หมูหวานได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับสูตรที่ไม่เติมสารสกัดจากชาเขียว ( $p < 0.05$ ) ในด้านสภาวะการบรรจุ พบว่า ผลิตภัณฑ์หมูหวานที่บรรจุด้วยสภาวะสุญญากาศมีค่าการออกซิเดชันของไขมันน้อยกว่าผลิตภัณฑ์หมูหวานที่บรรจุแบบไม่สุญญากาศ ( $p < 0.05$ ) รวมทั้งระยะเวลาในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นส่งผลในการเพิ่มการออกซิเดชันของไขมันในช่วงเวลา 4 สัปดาห์ ( $p < 0.05$ ) สำหรับผลต่อการเจริญของยีสต์และรา พบว่า การเติมสารสกัดชาเขียวไม่ส่งผลในการลดการเจริญของยีสต์และราในผลิตภัณฑ์หมูหวาน ( $p > 0.05$ ) ส่วนผลิตภัณฑ์หมูหวานที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศมีแนวโน้มตรวจพบปริมาณยีสต์และราน้อยกว่าผลิตภัณฑ์หมูหวานที่บรรจุแบบไม่สุญญากาศ ในขณะที่ระยะเวลาในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นส่งผลในการเพิ่มการเจริญของยีสต์และราในช่วงเวลา 4 สัปดาห์ ( $p < 0.05$ )

คำสำคัญ: สารสกัดชาเขียว หมูหวาน การบรรจุสุญญากาศ

### Abstract

The objective of this research was to study the effects of addition of green tea extract, packaging condition, and storage time on lipid oxidation and growth of yeast and mold in semi-dried sweet pork. The results showed that semi-dried sweet pork with the addition of green tea extract at the concentration of 100 and 200 mg/kg exhibited lower lipid oxidation than those without the addition of green tea extract ( $p < 0.05$ ). Semi-dried sweet pork packed in vacuum packaging showed lower lipid oxidation than those packed in non-vacuum packaging ( $p < 0.05$ ). At room temperature, the lipid oxidation of semi-dried sweet pork increased continuously during 4 weeks of storage. Regarding yeast and mold growth, the reduction as influenced by the addition of green tea extract was not found ( $p > 0.05$ ). A lower amount of yeast and mold

growth tended to be found in semi-dried sweet pork packed in vacuum packaging than those packed in non-vacuum packaging. During 4 weeks of storage, the amount of yeast and mold growth was significantly increased ( $p < 0.05$ ).

**Keyword :** green tea extract, semi-dried sweet pork, vacuum packaging

## บทนำ

ผลิตภัณฑ์หมูหวาน จัดเป็นอาหารกึ่งแห้ง คือ เป็นอาหารที่มีน้ำปานกลาง มีปริมาณความชื้นประมาณ 15-55 % (w/w) และมีค่าวอเตอร์แอกติวิตี (water activity,  $a_w$ ) ระหว่าง 0.60-0.85 ซึ่งการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์กึ่งแห้งที่สำคัญได้แก่ การออกซิเดชันของไขมัน (lipid oxidation) โดยจะก่อให้เกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์กึ่งแห้ง แต่สามารถชะลอการเกิดได้โดยการเติมสารกันหืนหรือใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม นอกจากนี้การเสื่อมเสียเนื่องจากยีสต์และราก็ยังเป็นอีกปัญหาหนึ่งที่ส่งผลให้อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์สั้นลง (Varnam, 1995) ในประเทศไทยได้มีการกำหนดมาตรฐานของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์กึ่งแห้งในด้านปริมาณยีสต์และราไว้ว่าต้องตรวจพบน้อยกว่า 500 cfu/g (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2549) ผู้ผลิตบางรายอาจมีการเติมสารป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้ เช่น กรดซอร์บิกและเกลือของกรดซอร์บิก เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตามเนื่องจากพฤติกรรมผู้บริโภคในปัจจุบัน ที่หันมาใส่ใจในด้านสุขภาพและความปลอดภัยมากขึ้น ส่งผลให้ผู้ผลิตหันมาใช้สารที่ผลิตจากธรรมชาติมากขึ้นเพื่อมาทดแทนวัตถุเจือปนอาหารสังเคราะห์ ทั้งในกลุ่มของสารต้านการออกซิเดชันและสารต้านจุลินทรีย์ รวมถึงมีการประยุกต์ใช้รูปแบบการบรรจุผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

ปัจจุบันผู้บริโภคได้ให้ความสนใจในชาและผลิตภัณฑ์จากชาเพื่อประโยชน์ต่อสุขภาพ (Kumudavally *et al.*, 2008) ในบรรดาผลิตภัณฑ์จากชา ชาเขียวจะมีสารโพลีฟีนอล (polyphenol) มากกว่าชาชนิดอื่นๆ เช่น ชาอู่หลง และชาดำ เนื่องจากชาเขียวไม่ผ่านกระบวนการหมักจึงทำให้เกิดการสูญเสียสารโพลีฟีนอลน้อยกว่าชาชนิดอื่นที่ผ่านกระบวนการหมัก โพลีฟีนอลหลักที่พบในชาเขียว คือ คาเทชิน (catechins) ซึ่งจัดเป็นสารประกอบฟลาโวนอยด์ (flavonoid) ชนิดหนึ่ง โดยชาเขียวมีสารคาเทชินประมาณ 420 มิลลิกรัม/ลิตร (Auger *et al.*, 2004) หรือคิดเป็นประมาณ 15-30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักใบชาอบแห้ง ในขณะที่ชาอู่หลงมีสารคาเทชินประมาณ 8-20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักใบชาอบแห้ง และชาดำมีสารคาเทชินประมาณ 3-10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักใบชาอบแห้ง (Amidor, 2009) สารคาเทชินที่พบมากในชาเขียวมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ที่ส่งผลในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ป้องกันการเกิดกลิ่นหืนในอาหาร รวมทั้งสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (antimicrobial) (Almajano *et al.*, 2008) โดยมีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับการใช้สารสกัดจากชาเขียวในการลดการเน่าเสียและแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคในอาหารรวมถึงเนื้อวัว เนื้อหมู เนื้อไก่ และเนื้อแกะ (Juneja *et al.*, 2007; Kumudavally *et al.*, 2008) นอกเหนือจากการเก็บรักษาอาหารในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน หรือสภาวะสุญญากาศ (vacuum) เช่น การบรรจุในสุญญากาศ (vacuum packaging) จะช่วยป้องกันการเจริญของยีสต์และราได้ รวมทั้งสามารถป้องกันการเสื่อมเสียจากปฏิกิริยาทางเคมีที่ต้องการออกซิเจนในปฏิกิริยา เช่น การเหม็นหืน เนื่องจากการออกซิเดชันของไขมัน เป็นต้น (นิธิยา, 2545)

## วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาอิทธิพลของการเติมสารสกัดจากชาเขียว สภาวะการบรรจุ และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการออกซิเดชันของไขมันและการเจริญของยีสต์และราในผลิตภัณฑ์หมูหวาน

## อุปกรณ์และวิธีการ

### แผนการทดลอง

การทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบแบบ 3×2×3 Factorial in Completely Randomized Design เพื่อศึกษาผลของ 3 ปัจจัย ได้แก่ 1) ผลการเติมสารสกัดจากชาเขียว ที่ความเข้มข้น 3 ระดับ ได้แก่ 0 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 2) ผลของสภาวะการบรรจุ 2 รูปแบบ ได้แก่ สภาวะการบรรจุแบบไม่สุญญากาศ และสภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศ และ 3) ผลของวันที่เก็บรักษา ณ สัปดาห์ที่ 0 2 และ 4

### กระบวนการผลิตหมูหวาน การเก็บรักษา และการวิเคราะห์คุณภาพ

1. **วัตถุดิบเนื้อและมัน:** ใช้เนื้อหมูบริเวณสะโพกที่ตัดแต่งส่วนของไขมันด้านนอก แล้วนำมาหั่นและบดผ่านแผ่นเพลทที่มีรูขนาด 2 มิลลิเมตร ส่วนมันแข็งจะนำมาหั่นและบดผ่านบดผ่านแผ่นเพลทที่มีรูขนาดเดียวกัน จากนั้นซึ่งส่วนผสมเนื้อสะโพกหมูบดและมันแข็งบดตามสูตรในตารางที่ 1 และผสมให้พอเข้ากัน

ตารางที่ 1 สูตรการผลิตหมูหวาน

| วัตถุดิบ         | น้ำหนัก (กิโลกรัม) |
|------------------|--------------------|
| สะโพกหมูบด       | 4.80               |
| มันแข็งหมูบด     | 1.20               |
| ผงเพรก (ไนไตรท์) | 0.06               |
| เกลือแกง         | 0.08               |
| ซอสปรุงรส        | 0.07               |
| ซีอิ๊วขาว        | 0.02               |
| น้ำตาลทรายแดง    | 1.33               |
| ผงชูรส           | 0.02               |
| รวม              | 7.58               |

2. **การเติมส่วนผสม เครื่องเทศ และสารสกัดจากชาเขียว:** เติมเกลือและผงเพรกลงในเนื้อสะโพกหมูบดและมันแข็งบด จากนั้นนวดจนเหนียว แล้วจึงเติมเครื่องปรุงส่วนที่เหลือแล้วนวดต่อ จากนั้นแบ่งส่วนผสมออกเป็น 3 ชุด โดยแต่ละชุดจะถูกเติมสารสกัดจากชาเขียวที่ความเข้มข้น 3 ระดับ ได้แก่ 0 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (สารสกัดชาเขียวในรูปแบบผงได้รับความอนุเคราะห์จาก ศ.ดร.นันทวัน บุญยะประภัศร ภาควิชาเภสัชวินิจฉัย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล โดยในผงชาเขียว 100 มิลลิกรัม จะมีสารคาเทชินอยู่ 12.94 มิลลิกรัม) จากนั้นหมักส่วนผสมทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที
3. **ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์:** นำส่วนผสมมาขึ้นรูปแล้วนำไปตากแดด 2 ชั่วโมง และนำไปอบด้วยเครื่องอบลมร้อน (home dehydrator) เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำการปรุงสุกด้วยตู้อบแก๊สเป็นเวลา 10-15 นาที

4. การบรรจุ: นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์หมูหวานทั้ง 3 สูตรข้างต้น มาบรรจุในถุงพอลิเอทิลีน (Polyethylene - PE) และแยกปิดผนึกปากถุงเป็น 2 ชุดการทดลองคือ ปิดผนึกแบบแบบไม่สุญญากาศ และปิดผนึกแบบสุญญากาศ จากนั้นนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง
5. การเก็บรักษาและการตรวจวิเคราะห์: ตัวอย่างผลิตภัณฑ์หมูหวานทั้ง 6 ชุดการทดลองจะถูกสุ่มตัวอย่างในสัปดาห์ที่ 0 2 และ 4 มาตรวจวัดการออกซิเดชันของไขมัน โดยวิธี Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARS) ตามวิธีการของ Castellini *et al.* (2002) และตรวจวัดจำนวนยีสต์และราตามวิธีการของ AOAC (2006)

#### การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของ 3 ปัจจัย ได้แก่ 1) ปริมาณการเติมสารสกัดชาเขียวที่ความเข้มข้น 0 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 2) ชนิดของการบรรจุทั้งแบบไม่สุญญากาศและสุญญากาศ และ 3) เวลาการเก็บรักษาสัปดาห์ที่ 0 2 และ 4 ที่มีผลต่อการออกซิเดชันของไขมัน และจำนวนยีสต์และรา โดยวิธี General Linear Model (GLM) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (SPSS for windows version 11.5: SPSS Inc) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยแต่ละปัจจัยด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

### ผลการศึกษาและวิจารณ์

#### การออกซิเดชันของไขมัน

จากผลการศึกษาผลของการเติมสารสกัดชาเขียว พบว่า การเติมสารสกัดจากชาเขียวที่ความเข้มข้น 100 และ 200 มิลลิกรัม/กิโลกรัม สามารถลดการเกิดออกซิเดชันของไขมันได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่เติมสารสกัดจากชาเขียว ดังตารางที่ 2 อย่างไรก็ตามปริมาณชาเขียวที่เติมลงไปทั้งที่ความเข้มข้น 100 และ 200 มิลลิกรัม/กิโลกรัม พบว่าให้ผลในการลดการออกซิเดชันของไขมันได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ผลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าสารสกัดชาเขียวมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีศักยภาพแม้จะถูกใช้ที่ปริมาณความเข้มข้นต่ำ (Perumalla *et al.*, 2011) ผลการทดลองเหล่านี้สอดคล้องกับการทดลองใช้สารคาเทชินในใบชาที่ความเข้มข้น 200-400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะสามารถยับยั้งการออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์แพตตี้ (patties) จากเนื้อไก่และวัวได้ ทั้งนี้เนื่องจากสารคาเทชินในใบชาสามารถเข้าไปจับกับธาตุเหล็ก (iron) ที่เป็นองค์ประกอบใน ไมโอโกลบินในเนื้อสัตว์ ทำให้สามารถชะลอการเกิดออกซิเดชันของไขมันผ่านทางการจับโลหะ (metal chelation) ดังกล่าว ซึ่งหากโลหะไม่ถูกจับก็จะสามารถเร่งการออกซิเดชันของไขมัน และก่อให้เกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์ต่อไป (Mitsumoto *et al.*, 2005) นอกจากนี้สารฟลาโวนอยด์ (flavonoid) ที่พบในใบชายังมีฤทธิ์ในการต้านการออกซิเดชันด้วยกลไกการจับอนุมูลอิสระ (free radical scavenging activities) ที่มีประสิทธิภาพมากกว่าวิตามินซี และวิตามินอี (Vinson *et al.*, 1995; Wiseman *et al.*, 1997).

ในด้านของสภาวะการบรรจุ ผลแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์หมูหวานที่ผ่านการบรรจุด้วยสภาวะสุญญากาศมีค่าการออกซิเดชันของไขมันน้อยกว่าการบรรจุแบบไม่สุญญากาศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ทั้งนี้เนื่องจากการกำจัดออกซิเจนออกจากบรรจุภัณฑ์ ด้วยการบรรจุสุญญากาศ (vacuum packaging) เป็นการกำจัดออกซิเจนที่จะเข้าร่วมในปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยตรง ทำให้ปฏิกิริยาเกิดช้าลง และชะลอการกลิ่นหืนที่ผิดปกติในผลิตภัณฑ์ลงได้ (นริยา, 2545)

ระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ พบว่า ผลิตภัณฑ์หมูหวานสัปดาห์ที่ 0 มีค่าการออกซิเดชันของไขมันน้อยที่สุด รองลงมาคือหมูหวานที่เก็บรักษาสัปดาห์ที่ 2 และ 4 ตามลำดับ ( $p < 0.05$ ) สอดคล้องกับการศึกษาของ Yang *et al.* (2009) ที่ทำการศึกษากการออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ที่ทำจากเนื้อโคและเนื้อสุกร พบว่าค่าการออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา นอกจากนี้ O'Neill *et al.* (1998) ยังอธิบายว่าการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อเกิดจากการทำปฏิกิริยาของออกซิเจนกับไขมันในเนื้อสัตว์ ดังนั้นเมื่อไขมันมีโอกาสสัมผัสกับออกซิเจนนานขึ้นก็จะทำให้ค่าการออกซิเดชันของเนื้อเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

ในด้านผลของอิทธิพลร่วม พบว่า ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างการเติมสารสกัดชาเขียว สภาวะการบรรจุ และระยะเวลาในการเก็บรักษา ต่อการออกซิเดชันของไขมัน ( $p > 0.05$ )

ตารางที่ 2 ผลของการใช้สารสกัดชาเขียว สภาวะการบรรจุ และระยะเวลาในการเก็บรักษา ต่อปริมาณการออกซิเดชันของไขมัน และปริมาณยีสต์และรา

| ปัจจัย                       | TBARS (mg MDA/ g meat)  |                | ยีสต์และรา (log CFU/g)  |                |
|------------------------------|-------------------------|----------------|-------------------------|----------------|
|                              | Estimated Marginal Mean | Standard Error | Estimated Marginal Mean | Standard Error |
| <b>การเติมสารสกัดชาเขียว</b> |                         |                |                         |                |
| สารสกัดชาเขียว 0 มก./กก.     | 169.59 <sup>a,†</sup>   | 8.23           | 1.68 <sup>a</sup>       | 0.21           |
| สารสกัดชาเขียว 100 มก./กก.   | 140.59 <sup>b</sup>     | 8.23           | 1.73 <sup>a</sup>       | 0.21           |
| สารสกัดชาเขียว 200 มก./กก.   | 145.26 <sup>b</sup>     | 8.23           | 1.65 <sup>a</sup>       | 0.21           |
| <b>สภาวะการบรรจุ</b>         |                         |                |                         |                |
| บรรจุแบบไม่สุญญากาศ          | 176.22 <sup>a</sup>     | 6.72           | 1.92 <sup>a</sup>       | 0.17           |
| บรรจุแบบสุญญากาศ             | 127.40 <sup>b</sup>     | 6.72           | 1.46 <sup>a</sup>       | 0.17           |
| <b>ระยะเวลาการเก็บรักษา</b>  |                         |                |                         |                |
| สัปดาห์ที่ 0                 | 72.60 <sup>c</sup>      | 8.23           | ND <sup>‡</sup>         | -              |
| สัปดาห์ที่ 2                 | 170.01 <sup>b</sup>     | 8.23           | 1.39 <sup>b</sup>       | 0.17           |
| สัปดาห์ที่ 4                 | 212.83 <sup>a</sup>     | 8.23           | 1.99 <sup>a</sup>       | 0.17           |

<sup>†</sup> ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

<sup>‡</sup> ND คือค่ายีสต์และราที่น้อยกว่า 10 โคโลนีซึ่งต่ำกว่าค่าที่นับได้

#### การเจริญของยีสต์และรา

การเติมสารสกัดชาเขียวไม่มีผลต่อจำนวนยีสต์และราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ดังตารางที่ 2 ในด้านของสภาวะการบรรจุ พบว่า ผลิตภัณฑ์หมูหวานที่บรรจุด้วยสภาวะสุญญากาศมีแนวโน้มในการลดการเจริญของยีสต์และรา เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์หมูหวานที่บรรจุแบบไม่มีการดูดเอาอากาศออก ทั้งนี้เนื่องจากยีสต์และราเป็นกลุ่มของจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศหรือออกซิเจนในการเจริญ การบรรจุที่มีการดูดอากาศในบรรจุภัณฑ์ออกไปก่อนปิดผนึก ทำให้ภายในมีภาวะเป็นสุญญากาศ จึงส่งผลโดยตรงในการลดการเจริญของจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้ลงได้ (สมณฑา, 2545) นอกจากนี้เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์หมูหวานมีปริมาณเชื้อยีสต์และรา

เพิ่มมากขึ้น ( $p < 0.05$ ) อันเนื่องมาจากหลายปัจจัยที่ส่งเสริมต่อการเจริญของยีสต์และราในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ ยกตัวอย่างเช่น ปริมาณความชื้น องค์ประกอบทางเคมีในผลิตภัณฑ์ ปริมาณออกซิเจน อุณหภูมิในการเก็บ สภาพความเป็นกรดต่าง เป็นต้น (นิธิยา, 2545) อย่างไรก็ตาม การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูหวานเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ยังคงมีปริมาณยีสต์และราไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ในผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน คือ ในผลิตภัณฑ์เนื้อแดดเดียว ที่กำหนดไว้ว่าปริมาณยีสต์และราต้องน้อยกว่า 500 cfu/g หรือ 2.70 log cfu/g (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2549)

สำหรับอิทธิพลร่วม พบว่า ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างการเติมสารสกัดชาเขียว สภาวะการบรรจุ และสภาวะการเก็บรักษา ต่อการเจริญของยีสต์และรา ( $p > 0.05$ )

### สรุปและข้อเสนอแนะ

การใช้สารสกัดชาเขียว และสภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศ สามารถช่วยลดการออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์หมูหวานในระหว่างการเก็บรักษาได้ อย่างไรก็ตามควรมีการทดลองวิจัยเพิ่มเติมว่าความเข้มข้นของสารสกัดที่เติมลงไปนี้จะไม่ส่งผลเสียทางประสาทสัมผัส ทั้งด้านกลิ่นรส ความนุ่ม และการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ สำหรับผลในการลดการเจริญของยีสต์และรา พบว่า การใช้บรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศมีแนวโน้มในการลดการเจริญของจุลินทรีย์ดังกล่าวในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัย

### เอกสารอ้างอิง

- นิธิยา รัตนานนท์. 2545. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 504 น.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช). 2549. มาตรฐานผลิตภัณฑ์เนื้อแดดเดียว. [Online]. Available: <http://tcps.tisi.go.th/public/StandardList.aspx>. [สืบค้นวันที่ 5 กรกฎาคม 2012]
- สุนทนา วัฒนสินธุ์. 2545. จุลชีววิทยาทางอาหาร. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ. 454 น.
- Almajano, M.P., R. Carbó, A.J.L. Jiménez and M.H. Gordon. 2008. Antioxidant and antimicrobial activities of tea infusions. Food Chem. 108: 55-63.
- Amidor, T. 2009. Wholesome green tea. Food product design. [online]. Available: <http://www.foodproductdesign.com/articles/2009/07/wholesome-green-tea>. [สืบค้นวันที่ 27 กรกฎาคม 2552]
- AOAC. 2006. Official methods of analysis of AOAC international. AOAC international, Maryland
- Auger, C., N. Al-Awwadi, A. Borner, et al. 2004. Catechins and procyanidins in Mediterranean diets. Food Res. Inter. 37: 233-245
- Castellini, C., C. Mugnai and A.D. Bosco. 2002. Effect of organic production system on broiler carcass and meat quality. Meat Sci. 219-225.

- Juneja, V.K., M.L. Bari, Y.Inatsu, S. Kawamoto, and M. Friedman. 2007. Control of *Clostridium perfringens* spores by green tea leaf extracts during cooling of cooked ground beef, chicken, and pork. J. Food Prot. 70: 1429-1433.
- Kumudavally, K.V., A.S. Bawa, A. Tabassum, H.S. Phanindrakunar and K. Radhakrishna. 2008. Green tea-A potential preservative for extending the shelf life of fresh mutton at ambient temperature ( $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ ). Food Chem. 107: 426-433.
- Mitsumoto, M., M.N. O'Grady, J.P. Kerry and D.J. Buckley. 2005. Addition of tea catechins and vitamin C on sensory evaluation colour and lipid stability during chilled storage in cooked or raw beef and chicken patties. Meat Sci. 69: 773-779.
- O'Neill, L.M., K. Galvin, P.A. Morrissey and D.J. Buckley. 1998. Inhibition of lipid oxidation in chicken by carnosine and dietary  $\alpha$ -tocopherol supplementation and its determination by derivative spectrophotometry. Meat Sci. 50: 479-488.
- Perumalla, A.V.S. and N.S. Hettiarachchy. 2011. Green tea and grape seed extracts-Potential application in food safety and quality. Food Res. Inter. 44: 827-839.
- Varnam, A.H. 1995. Meat and meat products: Technology, chemistry and microbiology. Chapman & Hall, London
- Vinson, J. A., Y.A. Dabbagh, M.M. Serry and J. Jang. 1995. Plant flavonoids, especially tea flavonoids, are powerful antioxidants using an in vitro oxidation model for heart disease. J. Agric. Food Chem. 43: 2800-2802.
- Wiseman, S. A., Balentine, D. A. and B. Frei. 1997. Antioxidants in tea. Crit. Rev. Food Sci. 37: 705-718.
- Yang, H.S., Y.H. Hwang, S.T. Joo and G.B. Park. 2009. The physicochemical and microbiological characteristics of pork jerky in comparison to beef jerky. Meat Sci. 82: 289-294.

## การทดสอบการใช้งานเบื้องต้นของเครื่องปั่นหนังหมักเกลือขนาดเล็ก

### Preliminary Use of Small Spinning Tank for Salt-Cured Hide

สมพร ดวนใหญ่<sup>1,\*</sup>, วสันต์ คำเพราะ<sup>2</sup> และ สุนทรินทร์ ดวนใหญ่<sup>1</sup>

Somporn Duanyai<sup>1,\*</sup>, Wasan Kampo<sup>2</sup> and Suntariporn Duanyai<sup>1</sup>

<sup>1</sup>คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี 34000

<sup>2</sup>วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีสุพรรณบุรี 34000

<sup>1</sup>Faculty of Agriculture, Ubonratchathani Rajabhat University, Ubonratchathani 34000

<sup>2</sup>Suphanburi College of Agriculture and Technology 34000

\*Corresponding author: somduan98@hotmail.com

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้งานเบื้องต้นของเครื่องปั่นหนังหมักเกลือขนาดเล็กต่อคุณภาพหนังที่ได้จากการจัดการหนังก่อนทำเค็ม 2 แบบ คือ ไม่แช่เย็น และแช่เย็น 24 ชั่วโมง มีระดับเกลือที่ใช้ในการหมักหนัง 4 ระดับ คือ 25 30 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักหนังสด เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมซึ่งเป็นวิธีการหมักหนังโดยทั่วไปในบ่อปูนซึ่งใช้เกลือร้อยละ 40-60 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักหนังสด วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) ประกอบด้วย 9 กลุ่มทดลอง จำนวนผืนหนังที่ใช้ในการวัดความชื้นและความเค็มเท่ากับ 2 ผืนต่อกลุ่มทดลอง จำนวนผืนหนังที่ใช้ในการประเมินหนังหลังฟอกเท่ากับ 4 ผืนต่อกลุ่มทดลอง รวมเป็น 6 ผืนต่อกลุ่มทดลอง ใช้จำนวนหนังทั้งสิ้น 54 ผืน น้ำหนักหนังเฉลี่ยผืนละ 20.20 กิโลกรัม การใช้งานเครื่องปั่นหนังโดยนำหนังเข้าเครื่องปั่น เติมเกลือตามปริมาณที่คำนวณไว้แล้วปั่น 5 ชั่วโมง ความเร็วรอบ 10 รอบต่อนาทีแล้วนำออกจากถังปั่นไปสะเด็ดน้ำ 2 ชั่วโมง นำตัวอย่างหนังไปวัดค่าความชื้นและความเค็มของหนังหมักเกลือแล้วนำมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน ซึ่งพบว่าค่าความเค็มและความชื้นของหนังหมักเกลือที่ผ่านกระบวนการหมักวิธีการต่างๆ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ จากนั้นนำหนังหมักเกลือไปฟอกในโรงงานฟอกหนังและประเมินคุณภาพหนังหลังการฟอกโดยผู้เชี่ยวชาญของโรงงาน ค่าคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินพบว่าหนังไม่แช่เย็นและใช้เกลือเพียง 25 เปอร์เซ็นต์นำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นหนัง ให้หนังที่มีคุณภาพดีที่สุด

**คำสำคัญ:** เครื่องปั่นหนัง คุณภาพหนัง

### Abstract

The purpose of this research was to study the preliminary use of small spinning tank for cattle salt-cured hide from two types of raw hide management: non-chilled and chilled hide with four levels of salt-cured at 25, 30, 35, and 40 percent of fresh hide weight compared with control group (traditional method). The control group was the hides which cured with 40-60 percent of salt in concrete pond. The experiment was assigned to completely randomized design (CRD) with 9 treatments. Total of six hides for each treatment or fifty-four hides for the whole testing were used. Two hides were used to evaluate moisture and salinity. For leather quality assessment, four hides were used in each treatment. The use of small spinning tank developed in this study. The hides were put in the developed small spinning tanks with

the designed salt levels then the machine was spun at 10 rpm for five hours. Spun hides were taken out from tanks and hung up for 2 hours before sampled for moisture and significant analysis. Analysis of variance indicated that the moisture and salinity of salt-cured hides obtained from any methods were not statistical differences. Salt-cured hides were then tanned in the private company and wet-blue hides were graded by company's expert based on mean values and found that non-chilled spun hides with only 25 percent salt showed the highest leather quality.

**Keywords:** hide spinning tank, leather quality

### บทนำ

หนังที่ได้จากการเลาะออกจากโค-กระบือในโรงฆ่าจะมีการเก็บรักษา 2 วิธีก่อนนำไปฟอก ได้แก่ การเก็บรักษาในระยะสั้น และการเก็บรักษาในระยะเวลายาว การเก็บรักษาในระยะเวลานั้นคือ 24 ชั่วโมง สามารถทำได้โดย 1) การใช้สารเคมี อาทิ โซเดียมคลอไรด์ 2) การแช่เย็น ส่วนการเก็บรักษาในระยะเวลายาวสามารถทำได้โดย 1) การทำหนังหมักเกลือ 2) การฉายรังสี การทำหนังหมักเกลือทำได้โดยการหมักหนังด้วยเกลือในบ่อหมัก หรือการแช่หนังในบ่อน้ำเกลือ เกลือที่ใช้ในการทำหนังหมักเกลือนิยมใช้ เกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ในอัตราส่วน 50-60% ของน้ำหนักหนัง สำหรับการหมักในบ่อหมัก หรือใช้น้ำเกลืออิ่มตัวปริมาณ 4 เท่าของน้ำหนักหนังในการแช่หนังในบ่อน้ำเกลือแบบทางน้ำไหลเวียน (Brine raceways) (CSIRO, 2013a; 2013b; USDA-ARS, 1998) การเก็บรักษาหนังโดยการหมักเกลือเป็นวิธีที่ง่ายแต่ก็ก่อให้เกิดน้ำเสียจำนวนมาก และก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย เพื่อลดปัญหาที่เกิดจากการทำหนังหมักเกลือในบ่อหมัก ผกาพรรณ และคณะ (2550) ได้พัฒนาถังปั่นหนังสแตนเลส สำหรับทำหนังหมักเกลือ ถังปั่นบรรจุหนังโคขุนได้ 3 ตันต่อครั้งของการปั่นหนังเค็ม เมื่อปั่นที่ความเร็วรอบ 1.5 รอบ/นาที่ นาน 7 ชั่วโมง โดยใช้เกลือ 30 - 45% ของ น้ำหนักหนังสด ความเค็มของหนังที่ได้จากการปั่นเทียบได้กับความเค็มของหนังที่หมักในบ่อหมักนาน 13 วัน การปั่นหมักซึ่งนอกจากช่วยลดปริมาณการใช้เกลือลงแล้ว ยังช่วยเพิ่มคุณภาพหนังหลังการฟอกเป็นหนังโครมแล้วอีกด้วย อย่างไรก็ตามราคาของถังปั่นหนังสแตนเลสมีราคาค่อนข้างสูง ผู้วิจัยจึงประยุกต์ใช้ถังพลาสติกขนาด 150 ลิตร แทนถังสแตนเลส โดยนำถังพลาสติกจำนวน 4 ใบ วางบนจานเครื่องปั่นเม็ดปุ๋ย ภายในถังแต่ละใบมีแผ่นสแตนเลส จำนวน 3 ใบ ติดไว้กับด้านข้างของถัง เพื่อทำหน้าที่ในการพลิกหนังกลับไปมาให้เข้ากับเกลือ ความเอียงของถัง 30 องศา มอเตอร์ที่ใช้มีขนาด 2 แรงม้า มีเกียร์ทดต่อกับมอเตอร์ช่วยในการหมุนจาน มีความเร็วรอบ 10 รอบ/นาที่ ใช้เวลาในการปั่น 5 ชั่วโมง

### วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาวิธีการจัดการหนังสดก่อนทำเค็มและระดับที่เหมาะสมของเกลือในการทำเค็มที่มีผลต่อคุณภาพของหนังเค็ม เมื่อใช้เครื่องปั่นหนังขนาดเล็ก

### อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) มี 9 กลุ่มทดลอง ประกอบด้วยการจัดการหนังสดก่อนทำเค็ม 2 แบบ คือ ไม่แช่เย็นและแช่เย็น 24 ชั่วโมง และระดับเกลือที่ใช้ 4 ระดับ คือ 25 30 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักหนังสด เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมซึ่งเป็นการทำหนังหมักเกลือในบ่อหมักตามวิธีทั่วไปในโรงฆ่า โดย

วางหนังสดลงในบ่อให้ด้านมีขนคว่ำลง โรอยเกลือขนาดของเม็ด 2-3 มิลลิเมตร ลงให้ทั่วผืน ปริมาณเกลือที่ใช้ร้อยละ 40-60 เปอร์เซนต์ของน้ำหนักหนังสด หนังที่ได้มาใหม่วางทับซ้อนรอยเกลือเป็นชั้นๆ หมักไว้ 7-10 วัน

หนังที่ใช้ในการวิจัยเป็นหนังจากโคพื้นเมือง น้ำหนักเฉลี่ย 20.20 กิโลกรัมต่อผืน รวมจำนวนผืนหนังที่ใช้ในการวิจัยทั้งสิ้น 54 ผืน แบ่งหนังออกเป็น 9 กลุ่มการทดลอง กลุ่มการทดลองละ 6 ผืน หนังจากแต่ละกลุ่มนำมาวัดค่าความชื้นและความเค็มก่อนนำไปทดสอบและพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ จากหนังจำนวน 6 ผืนของแต่ละกลุ่มการทดลอง สุ่มให้กลุ่มทดลองละ 2 ผืน เพื่อใช้วัดค่าความชื้นและความเค็มหลังหมัก สุ่มให้กลุ่มการทดลองละ 4 ผืน เพื่อใช้วัดคุณภาพของหนังหลังฟอก

การทำหนังหมักเกลือด้วยเครื่องปั่นหนัง กรณีหนังไม่แช่เย็น นำหนังที่สะอาดใหม่ๆทำการซังน้ำหนัก เข้าเครื่องปั่นเติมเกลือตามปริมาณที่คำนวณไว้ ปั่น 5 ชั่วโมง ความเร็วรอบ 10 รอบต่อนาที แล้วนำออกจากถังปั่นไปแขวนให้สะเด็ดน้ำ 2 ชั่วโมง ผึ่งให้แห้งแล้วจึงพับเก็บที่อุณหภูมิปกติในห้องเก็บหนัง กรณีหนังแช่เย็น เมื่อได้หนังสดมา ทำการซังน้ำหนัก บรรจุหนังลงในถุงพลาสติก รัดปากถุง นำลงเก็บในถังน้ำแข็งที่มีน้ำแข็งรองพื้น แล้วนำน้ำแข็งวางทับบนถุงหนังอีกครั้ง แช่เย็นไว้ 24 ชั่วโมง จึงนำออกมาใส่ลงในถังปั่น เติมเกลือตามปริมาณที่คำนวณไว้ ผึ่งให้แห้งแล้วจึงพับเก็บที่อุณหภูมิปกติในห้องเก็บหนังเพื่อรอการนำไปฟอก

ผืนหนังที่ใช้วัดค่าความชื้นและความเค็มหลังหมัก เก็บตัวอย่างหนังที่ตำแหน่งคอ ขาหน้า ขาหลัง และท้อง แล้วนำไปวัดค่าความชื้นและความเค็มในทันที การหาความเค็มของหนังหมักเกลือตามวิธีการของ ผกาพรรณ และคณะ(2550) นำค่าความชื้นและความเค็มของผืนหนังมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนตามแผนการทดลองแบบ CRD สำหรับค่าประเมินคุณภาพเกรดหนังหลังฟอกโดยผู้เชี่ยวชาญของโรงงาน เป็นการให้เกรด A B C ซึ่งมีระดับคะแนน 1 2 3 ตามลำดับ ค่าต่ำมีคุณภาพดีกว่าค่าสูง ใช้ค่าเฉลี่ย (mean) ในการแสดงผล



ภาพที่ 1 การหมักหนังในบ่อและถังปั่น

### ผลการศึกษาและวิจารณ์

ความเค็มของหนังสดที่ไม่แช่เย็นหลังปั่นกับเกลือในระดับ 25, 30, 35 และ 40 เปอร์เซนต์ของน้ำหนักหนังสด มีค่าเท่ากับ 71.70 67.10 71.90 และ 74.50% ตามลำดับ ขณะที่หนังที่เก็บโดยการแช่เย็น นาน 24 ชั่วโมง แล้วนำมาปั่นทำหนังหมักเกลือมีค่าความเค็มของหนังหลังปั่นกับเกลือระดับต่างๆมีค่าเท่ากับ 77.30 70.30 68.40 และ 75.50% ตามลำดับ ซึ่งไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างรูปแบบของหนังและระดับเกลือรวมทั้งเมื่อเทียบกับหนังที่หมักในบ่อหมักปูนหรือกลุ่มควบคุมซึ่งมีค่าความเค็มเท่ากับ 65.50 % และค่าที่ได้ใกล้เคียงกับรายงานของผกาพรรณ และคณะ (2550)

ความชื้นของหนังที่ไม่แช่เย็นหลังปั่นกับเกลือในระดับต่างๆมีค่าเท่ากับ 54.90 53.20 50.20 และ 51.70% ตามลำดับ ขณะที่หนังที่เก็บโดยการแช่เย็น นาน 24 ชั่วโมง แล้วนำมาปั่นทำหนังหมักเกลือมีความเค็มของหนังหลังปั่นกับเกลือระดับต่างๆมีค่าเท่ากับ 53.20 53.70 50.70 และ 52.70% ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติเช่นกัน ระหว่างรูปแบบของหนังและระดับเกลือรวมทั้งเมื่อเทียบกับหนังที่หมักในบ่อหมักปูนหรือกลุ่มควบคุมซึ่งมีความชื้นเท่ากับ 51.90 % (ตารางที่ 1)

ผลการประเมินคุณภาพหนังฟอกโครมหลังส่งหนังเค็มไปฟอกในโรงงานฟอกหนังเอกชน หนังที่ผ่านกระบวนการฟอกโครมแล้วมีการให้คะแนนโดยผู้เชี่ยวชาญจากโรงงานฟอกหนังเป็นข้อมูลในการคัดแยกหนังตามระดับคุณภาพ 3 ระดับคือ ระดับที่ 1=ดี (A) ระดับ 2=พอใช้ (B) และ ระดับ 3=ไม่ดี (C) ผลปรากฏว่าหนังที่มีคุณภาพดีที่สุดคือหนังไม่แช่เย็นและใช้เกลือเพียง 25 เปอร์เซ็นต์แล้วปั่นด้วยเครื่องปั่นหนัง (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 ค่าความเค็มและความชื้นของหนังจากบ่อหมักเค็มและจากเครื่องปั่นหนังที่ใช้เกลือระดับต่างๆ

| ดัชนีชี้วัด   | บ่อหมักเค็ม<br>(กลุ่มควบคุม) | เกลือ 25 % |         | เกลือ 30 % |         | เกลือ 35 % |         | เกลือ 40 % |         |
|---------------|------------------------------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|
|               |                              | หนัง       | หนังแช่ | หนัง       | หนังแช่ | หนัง       | หนังแช่ | หนัง       | หนังแช่ |
|               |                              | ไม่แช่เย็น | เย็น    | ไม่แช่เย็น | เย็น    | ไม่แช่เย็น | เย็น    | ไม่แช่เย็น | เย็น    |
| ความเค็ม(%)   |                              |            |         |            |         |            |         |            |         |
| -หนังก่อนหมัก | 6.50                         | 6.50       | 5.50    | 5.50       | 6.50    | 6.00       | 6.50    | 5.50       | 6.00    |
| -หนังเค็ม     | 65.50                        | 71.70      | 77.30   | 67.10      | 70.3    | 71.90      | 68.40   | 74.50      | 75.50   |
| ความชื้น (%)  |                              |            |         |            |         |            |         |            |         |
| -หนังก่อนหมัก | 66.50                        | 66.30      | 66.10   | 66.00      | 68.0    | 68.0       | 66.10   | 71.20      | 70.20   |
| -หนังเค็ม     | 51.90                        | 54.90      | 53.20   | 53.20      | 53.70   | 50.2       | 50.70   | 51.70      | 52.70   |

หมายเหตุ: ค่าความเค็มและค่าความชื้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง

ตารางที่ 2 คุณภาพของหนังจากบ่อหมักเค็มและจากเครื่องปั่นหนังที่ใช้เกลือระดับต่างๆ

| เกรดหนัง         | บ่อหมักเค็ม<br>(กลุ่มควบคุม) | เกลือ 25 %         |                 | เกลือ 30 %         |                 | เกลือ 35 %         |                 | เกลือ 40 %         |                 |
|------------------|------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|
|                  |                              | หนัง<br>ไม่แช่เย็น | หนังแช่<br>เย็น | หนัง<br>ไม่แช่เย็น | หนังแช่<br>เย็น | หนัง<br>ไม่แช่เย็น | หนังแช่<br>เย็น | หนัง<br>ไม่แช่เย็น | หนังแช่<br>เย็น |
|                  |                              |                    |                 |                    |                 |                    |                 |                    |                 |
| ค่าเฉลี่ย (mean) | 2.50                         | 2.00               | 2.50            | 2.25               | 2.25            | 2.75               | 3.00            | 2.67               | 3.00            |
| ค่าต่ำสุด (min)  | 2                            | 2                  | 2               | 2                  | 2               | 2                  | 3               | 2                  | 3               |
| ค่าสูงสุด (max)  | 3                            | 2                  | 3               | 3                  | 3               | 3                  | 3               | 3                  | 3               |

หมายเหตุ: เกรดหนัง ระดับ A B C มีค่าเท่ากับ 1 2 3 ตามลำดับ ค่าต่ำคุณภาพดีกว่าค่าสูง

### สรุปและข้อเสนอแนะ

ควรมีการส่งเสริมให้โรงฆ่าโคขนาดเล็กมีเครื่องปั่นหนังขนาดเล็กไว้สำหรับทำหนังหมักเกลือเพราะได้หนังฟอกที่มีคุณภาพดี ใช้เกลือในปริมาณลดลง ช่วยลดมลภาวะด้านน้ำเสียและกลิ่นจากการหมักหนัง เมื่อเทียบกับการหมักในบ่อปูนตามวิธีดั้งเดิม เนื่องจากระดับเกลือที่ให้ผลดีต่อคุณภาพหนังที่ผ่านการปั่นด้วยเครื่องปั่นหนังเป็นระดับเกลือที่ต่ำสุดในการทดลองคือ 25 เปอร์เซ็นต์ และมีแนวโน้มว่าจะสามารถลดปริมาณเกลือที่ใช้ลงไปได้อีกเมื่อใช้เครื่องปั่นหนัง จึงควรวิจัยหาระดับเกลือที่ต่ำที่สุดในการทำหนังหมักเกลือด้วยเครื่องดังกล่าวต่อไป

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่สนับสนุนงบวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ผู้ร่วมวิจัย และสหกรณ์การเกษตรไร้สารเคมี จำกัด และเกษตรกรที่ร่วมวิจัยจนสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้

### เอกสารอ้างอิง

- ผกาพรรณ สกุลมั้น ศิริพร วิทโค จารุณี ปลงรัมย์ มนัส เรียบร้อย และ เปรมฤดี ศรีทัพไทย. 2550. การวิจัยเพื่อพัฒนาคุณภาพหนังวัวควาย. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- CSIRO. 2013b. Short term preservation of hides and skins. Available at : [www.csiro.au](http://www.csiro.au). Date of retrieved: 8 April 2013.
- CSIRO. 2013a. Curing hides and skins: general requirement. Available at : [www.csiro.au](http://www.csiro.au). Date of retrieved: 8 April 2013.
- USDA-ARS. 1998. Tanning research update. Agricultural Research: 12-13.

## โครงสร้างทางจุลภาคและการยอมรับไก่กอกและที่ผลิตแบบดั้งเดิมและผลิตโดยใช้กระบวนการหมักเนื้อร่วมกับเทคนิค Sous vide

### Microstructure and Consumer Perception of Golek Chicken Produced by Traditional and Marinated with Sous Vide Technique

พัชรินทร์ ปักดีฉนวน\* และประกายแก้ว ศุภอักษร

Patcharin Pakdeechanuan\* and Prakaikaew Suppa-ugsorn

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี 94000

Department of Food Science and Nutrition, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University,

Pattani, Thailand 94000

\*Corresponding Author: patcharin.psu@gmail.com

### บทคัดย่อ

การเปรียบเทียบคุณภาพของไก่กอกและที่ผลิตโดยวิธีดั้งเดิมและไก่กอกและที่มีการเตรียมเนื้อไก่โดยการแช่ในน้ำหมัก (marinade) ที่มีส่วนผสมของโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) ร่วมกับโซเดียมไตรฟอสเฟตร้อยละ 1 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) และกรดซิตริกร้อยละ 0.02 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง ร่วมกับเทคนิค Sous vide โดยการบรรจุชิ้นไก่กอกและในซองลามิเนต ปิดผนึกแบบสุญญากาศ และพาสเจอร์ไรส์จนกระทั่งจุดกึ่งกลางของเนื้อไก่มีอุณหภูมิ 80°C นาน 2 นาที ผลการศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคของไก่กอกและจากภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า ไก่กอกและที่มีการใช้กระบวนการหมักร่วมกับเทคนิค Sous vide มีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อที่ใหญ่กว่า ( $p < 0.05$ ) รวมทั้งผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักผลผลิตสูงกว่า ( $p < 0.05$ ) เมื่อเทียบกับไก่กอกและที่ผลิตโดยวิธีดั้งเดิม และผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสก็พบว่า ไก่กอกและที่มีการใช้กระบวนการหมักเนื้อร่วมกับเทคนิค Sous vide ได้รับการยอมรับมากกว่า ( $p < 0.05$ ) จึงสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาไก่กอกและเพื่อการจัดจำหน่ายในลักษณะที่บรรจุอยู่ในบรรจุภัณฑ์ปิดสนิท ซึ่งจะสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์

คำสำคัญ: ไก่กอกและ สารหมักเนื้อ เทคนิค Sous vide โครงสร้างระดับจุลภาคของเนื้อไก่

### Abstract

Comparison of traditional and marinated with sous vide cooked golek chicken were investigated. For the marinated sous vide treatment, the chicken was marinated in curing solution; 5% (w/w) sodium chloride, 5% (w/w) sodium tripolyphosphate and 1% (w/w) citric acid at 4°C for 2 h and then vacuum packed in laminated pouch, pasteurized till the core temperature of chicken portion was 80°C for 2 min. Scanning electron micrographs of marinated sous vide golek chicken clearly showed larger fiber diameter ( $p < 0.05$ ) and higher product yield ( $p < 0.05$ ) than the traditional golek chicken. In addition, the marinated sous vide golek chicken also had greater sensory acceptance ( $p < 0.05$ ). Therefore, it can be a guideline to develop golek chicken for retail sale in sealed package to increase value of the product.