ประสิทธิภาพของแบคทีเรียลเซลลูโลสฟิล์มที่มีเซทธิลไพริดิเนียมคลอไรด์ กรดซิตริก และสารสกัดเปลือกมังคุดต่อการยับยั้งการเจริญของโคลิฟอร์มในเนื้อหมู

Efficacies of Bacterial Cellulose Film Containing Cetylpyridinium Chloride, Citric Acid and Mangosteen Peel Extract on Coliforms in Pork

บุษกร ทองใบ[1] สายชล โตนันต์[1] และ ดวงเดือน แก้วคำ[1]

Bussagon Thongbai[1], Saichon Tonan[1] and Duangduen Kaewkhom[1]

Abstract

A study of the effects of bacterial cellulose film (BF) containing cetylpyridinium chloride (CPC), citric acid (CA) and mangosteen peel extract (ME) was carried out on inhibition of coliforms in pork. The initial amount of coliforms in untreated pork was 5.77 log CFU/g. Pieces of porks (2x3x1 cm) were wrapped with the antimicrobial–BFs and kept at 4°C for 1 hr. The results revealed that 0.5% CPC-BF (CPC1), 1.0% CPC–BF (CPC2), 2.0% CA-BF (CA1), 4.0% CA-BF (CA2), 4.0% ME-BF (ME1) and 8.0% ME-BF (ME2) could reduce coliform numbers by 0.32, 0.94, 2.54, 4.37, 0.83 and 1.00 log CFU/g, respectively. In addition, coliform population in treated porks during storage at 4°C for 10 days were found and follows: 4.37-6.90 log CFU/g (control), 4.05–6.34 log CFU/g (CPC1), 3.43–6.30 log CFU/g (CPC2), 1.83 log CFU/g-not detectable (CA1), not detectable (CA2), 3.54–7.16 log CFU/g (ME1) and 3.37–6.52 log CFU/g (ME2). According to the results, the bacterial cellulose films incorporated with CPC, CA and ME have shown effectiveness as good as antimicrobial films for wrapping pork to keep quality of freshness and safety of food.

Keywords: cetylpyridinium chloride, citric acid, mangosteen peel extract

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพของแบคทีเรียลเซลลูโลสฟิล์มที่มีเซทธิลไพริดิเนียมคลอไรด์ (CPC) กรดซิตริก (CA) และสารสกัดเปลือกมังคุด (ME) ต่อการยับยั้งโคลิฟอร์มที่ปนเปื้อนเนื้อหมู โดยเนื้อหมูที่ทดสอบมีปริมาณโคลิฟอร์มปนเปื้อนเริ่มต้น 5.77 log CFU/g โดยนำเนื้อหมู (2x3x1 ซม) มาห่อด้วยแบคทีเรียลเซลลูโลสฟิล์มที่มีสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์เก็บที่ 4°ซ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่า 0.5% CPC-BF (CPC1), 1.0% CPC-BF (CPC2), 2.0% CA-BF (CA1), 4.0% CA-BF (CA2), 4.0% ME-BF (ME1) และ 8.0% ME-BF (ME2) มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณโคลิฟอร์มที่ปนเปื้อนเนื้อหมูได้ 0.32, 0.94, 2.54, 4.37, 0.83 และ 1.00 log reduction ตามลำดับ เมื่อตรวจวิเคราะห์ปริมาณโคลิฟอร์มของเนื้อหมูที่ห่อด้วยแบคทีเรียลเซลลูโลสฟิล์มที่มีสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ เป็นเวลา 10 วัน พบว่ามีปริมาณโคลิฟอร์ม ดังนี้ 4.37-6.90 log CFU/g (ชุดควบคุม), 4.05-6.34 log CFU/g (CPC1), 3.43-6.30 log CFU/g (CPC2), 1.83 log CFU/g-ตรวจไม่พบ (CA1), ตรวจไม่พบ (CA2), 3.54-7.16 log CFU/g (ME1) และ 3.37-6.52 log CFU/g (ME2) จากผลการทดลองแสดงว่าแบคทีเรียเซลลูโลสฟิล์มที่มีเซทธิลไพริดิเนียมคลอไรด์ กรดซิตริก และสารสกัดมังคุดนี้มีศักยภาพในการเป็นฟิล์มที่มีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์สำหรับใช้ห่อเนื้อหมูให้มีคุณภาพในด้านความสด และอาหารปลอดภัย

คำสำคัญ: เซทธิลไพริดิเนียมคลอไรด์ กรดซิตริก สารสกัดเปลือกมังคุด

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม 44150

[1] Department of Food Technology and Nutrition, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Mahasarakham 44150

คำนำ

การนำผลิตภัณฑ์อาหารมาห่อ หรือเคลือบด้วยฟิล์มใส เพื่อรักษาสภาพของผลิตภัณฑ์ให้ดูสดอยู่เสมอ และยังทำให้ผู้บริโภคมองเห็นผลิตภัณฑ์ที่อยู่ข้างในทำให้ง่ายในการตัดสินใจซื้อสินค้า แม้ว่าการใช้ฟิล์มเคลือบอาหารเป็นวิธีที่ใช้ เพื่อป้องกันอาหารไม่ให้เกิดการปนเปื้อนจากฝุ่นละอองในอากาศ และคงสภาพอาหารให้น่ารับประทาน แต่อาจมีอันตรายจากจุลินทรีย์ก่อโรคในอาหาร (Foodborne pathogens) เช่น *Salmonella* spp., *Escherichia coli, E. coli* O157: H7 เป็นต้น ที่ปนเปื้อน และรอดชีวิตในอาหารนั้น ซึ่งทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษของผู้บริโภคได้ การพัฒนาฟิล์มที่เคลือบด้วยสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ (antimicrobial film) ซึ่งจัดเป็นบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ (active packaging) เพื่อใช้ห่ออาหาร และยังมีความสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหารได้ด้วย นอกจากทำให้อาหารมีอายุการเก็บที่นานขึ้นยังเพิ่มความปลอดภัยอาหารให้ผู้บริโภคได้อีกด้วย ในงานวิจัยนี้เลือกใช้สารที่มีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ (antimicrobial agents) ใน generally recognized as safe (GRAS) ที่ยอมให้ใช้ในอาหารหรือสัมผัสกับอาหารเพื่อใช้เป็น food preservatives ได้แก่ เซทธิลไพริดิเนียมคลอไรด์ (cetylpyridinium chloride, CPC) กรดซิตริก (citric acid, CA) และสารสกัดเปลือกมังคุด (ME) โดย CPC เป็นสารในกลุ่ม quaternary ammonium compounds (QAC_s) ที่มีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ได้หลายชนิด (*Salmonella*, *Campylobacter* และ *Listeria*) (FDA, 1998) โดย Food and Drug Administration (FDA) ประกาศ ณ. วันที่ 2 เมษายน 2547 รับรองว่า CPC ปลอดภัยต่ออาหารที่บริโภค และสามารถใช้ CPC ในการยับยั้งจุลินทรีย์ในกระบวนการแปรรูปสัตว์ปีก กรดซิตริกเป็นกรดอินทรีย์ที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสารเคมีที่ปลอดภัยเติมในอาหารได้โดยไม่เป็นอันตรายและย่อยสลายได้ง่าย และยังมีฤทธิ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์ได้ ในขณะที่เปลือกมังคุดนั้นเป็นของเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีปริมาณมากต่อปี ดังนั้นการช่วยลดขยะจากเปลือกมังคุดโดยการนำมาใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ จึงเป็นการเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรให้สูงขึ้น ซึ่งในเปลือกมังคุดมีสารในกลุ่มโพลีฟีนอลิก ซึ่งส่วนใหญ่มีสูตรโครงสร้างเป็นอนุพันธ์ของ xanthones (α-, β- และ γ- mangostin), gartanin และ kolanone (Deachathai *et al*., 2005) ซึ่งมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) และยับยั้งจุลินทรีย์ได้ (antimicrobial) โดยสาร xanthones และ α-mangostin ในเปลือกมังคุดมีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย และเชื้อราได้หลายชนิด เช่น *Shigella dysentertae*, *Shigella flexnesi*, *Shigella sonnei*, *Shigella boydii*, *Escherichia coli*, *Streptococcus feacalis*, *Vibrio cholerae Staphylococcus aureus* และ *Streptococcus mutants* (Torrungruang *et al*., 2007) ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของแบคทีเรียลเซลลูโลสฟิล์มที่มีเซทธิลไพริดิเนียมคลอไรด์ (CPC) กรดซิตริก (CA) และสารสกัดเปลือกมังคุด (ME) ต่อการยับยั้งโคลิฟอร์มที่ปนเปื้อนเนื้อหมู

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมแบคทีเรียลเซลลูโลสฟิล์มที่มีสารยับยั้งจุลินทรีย์

วิธีการเตรียมแบคทีเรียเซลลูโลสฟิล์มที่มีสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ดัดแปลงจากวิธีของ Nguyen *et al*. (2008) นำน้ำมะพร้าวมาเติมน้ำตาลซูโครส 5% (w/v) ทำให้ปลอดเชื้อโดย autoclave ที่ 121°C เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นถ่ายน้ำมะพร้าวลงในจานเพาะเชื้อที่ปลอดเชื้อ (ø 90 mm) ปริมาตร 20 ml และเติมกรดอะซิติก 1% (v/v) ethylalcohol (95%) 1% (v/v) และ starter culture ของ *Acetobacter aceti* subsp. *xylinum* TISTR 975 (10% w/v) ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 2-3 วัน) พบการสร้างแบคทีเรียเซลลูโลสฟิล์ม (bacterial cellulose film, BF) ที่มีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 8.60 ซม. หนาประมาณ 0.30-0.40 ซม. นำ BF ที่ได้ต้มกับน้ำกลั่นโดยเปลี่ยนน้ำทุกๆ 10 นาที เพื่อไล่กรดออกให้หมด จากนั้นนำไปแช่ในสารละลายเซทธิลไพริดิเนียมคลอไรด์ (Cetylpyridinium chloride, CPC) 0.5 และ 1.0% (w/v) กรดซิตริก (Citric acid, CA) 2.0 และ 4.0% (w/v) และสารสกัดเปลือกมังคุด (Mangosteen peel extract, ME) 4.0 และ 8.0% (w/v) ปริมาตร 50 ml ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อ และนำไปจุ่มในกลีเซอรอล 15% (w/v) เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นให้ BF อบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 15 ชั่วโมง ก็จะได้ BF ที่มีสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ (antimicrobial-BFs) เก็บแผ่นฟิล์มที่เตรียมได้ในบีกเกอร์ปลอดเชื้อ สำหรับนำไปใช้ในการทดสอบขั้นต่อไป

ศึกษาประสิทธิภาพของแบคทีเรียลเซลลูโลสฟิล์มที่มีสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ต่อโคลิฟอร์มที่ปนเปื้อนเนื้อหมู

เนื้อหมูดิบนำมาตัดเป็นชิ้นขนาด 2x3x1 ซม./ชิ้น จากนั้นนำมาห่อด้วยแบคทีเรียเซลลูโลสฟิล์มที่มีสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ ได้แก่ 0.5% CPC-BF (CPC1), 1.0% CPC-BF (CPC2), 2.0% CA-BF (CA1), 4.0% CA-BF (CA2), 4.0% ME-BF (ME1) และ 8.0% ME-BF (ME2) ด้วย aseptic technique และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 10 วัน โดยทำการตรวจวิเคราะห์ปริมาณโคลิฟอร์มที่ปนเปื้อนเนื้อหมูทุกๆ 2 วัน ด้วยวิธี spread plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Violet Red Bile Agar (VRBA) และบ่มที่ 37C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง รายงานปริมาณจุลินทรีย์เป็น log CFU/g

ผลและวิจารณ์

ผลของการศึกษาประสิทธิภาพของแบคทีเรียลเซลลูโลสฟิล์มที่มีเซทธิลไพริดิเนียมคลอไรด์ (CPC) กรดซิตริก (CA) และสารสกัดเปลือกมังคุด (ME) ต่อโคลิฟอร์มที่ปนเปื้อนเนื้อหมูที่เก็บที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 10 วัน พบว่า จากเนื้อหมูดิบที่นำมาทดสอบมีปริมาณโคลิฟอร์มปนเปื้อนเริ่มต้น (Background coliforms) เท่ากับ 5.77 log CFU/g หลังจากนำไปห่อด้วยแบคทีเรียลเซลลูโลสฟิล์มที่มีเซทธิลไพริดิเนียมคลอไรด์ กรดซิตริก และสารสกัดเปลือกมังคุดที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ เก็บที่ 4°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบปริมาณโคลิฟอร์มที่ปนเปื้อนเนื้อหมูดิบที่ห่อด้วย 0.5% CPC-BF (CPC1), 1.0% CPC-BF (CPC2), 2.0% CA-BF (CA1), 4.0% CA-BF (CA2), 4.0% ME-BF (ME1) และ 8.0% ME-BF (ME2) ลดลงเหลือ 4.19, 4.16, 3.85, 3.63, 4.57 และ 4.40 log CFU/g ตามลำดับ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับเนื้อหมูดิบที่ห่อด้วยแบคทีเรียลเซลลูโลสฟิล์มที่ไม่มีสารยับยั้งจุลินทรีย์ (ชุดควบคุม) พบโคลิฟอร์ม 4.37 log CFU/g (Table 1) แสดงให้เห็นว่าการห่อเนื้อหมูดิบด้วย CPC1, CPC2, CA1, CA2, ME1 และ ME2 สามารถลดปริมาณโคลิฟอร์มที่ปนเปื้อนเนื้อหมูได้ 0.32, 0.94, 2.54, 4.34, 0.83 และ 1.00 log reduction ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และพบว่าปริมาณโคลิฟอร์มที่ปนเปื้อนเนื้อหมูดิบลดลง 1.72, 2.34, 3.94, 5.77, 2.23 และ 2.40 log reduction ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณโคลิฟอร์มที่ปนเปื้อนเนื้อหมูดิบเริ่มต้น (5.77 log CFU/g) เมื่อเก็บรักษาเนื้อหมูที่ 4°C เป็นเวลา 10 วัน พบปริมาณโคลิฟอร์มที่ปนเปื้อนเนื้อหมูในระหว่างการเก็บรักษาวันที่ 1-10 อยู่ในช่วง 4.37-6.90 log CFU/g (ชุดควบคุม), 4.05-6.34 log CFU/g (CPC1), 3.43-6.30 log CFU/g (CPC2), 1.83 log CFU/g-ตรวจไม่พบ (CA1), ตรวจไม่พบ (CA2), 3.54-7.16 log CFU/g (ME1) และ 3.37-6.52 log CFU/g (ME2) (Table 1) โดยมาตรฐานสินค้าเนื้อสุกรที่มีคุณภาพดีต้องมีปริมาณจุลินทรีย์ไม่เกิน $5x10^5$ CFU/g หรือ 5.69 log CFU/g (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตร และอาหารแห่งชาติ, 2547) จากผลการทดลองใน Table 1 แสดงให้เห็นประสิทธิภาพของแบคทีเรียลเลลูโลสฟิล์มที่มีสารยับยั้งจุลินทรีย์ทั้ง 3 ชนิด (เซทธิลไพริดิเนียมคลอไรด์ กรดซิตริก และสารสกัดเปลือกมังคุด) ในการลดปริมาณโคลิฟอร์มที่ปนเปื้อนเนื้อหมูดิบที่เก็บที่ 4°C ได้แตกต่างกัน โดยช่วงแรกของการเก็บรักษาพบการลดลงของโคลิฟอร์มที่ปนเปื้อนอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเกิดจากการแพร่ของสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งจากฟิล์มสู่ผิวสัมผัสของเนื้อหมูโดยตรง ซึ่งจะมีผลต่อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนบริเวณผิวของเนื้อหมู โดยกรดซิตริกจากแบคทีเรียลเซลลูโลสฟิล์มสามารถทำอันตรายผนังเซลล์และเซลล์เมมเบรนของแบคทีเรียและเคลื่อนที่ผ่านเข้าสู่เซลล์ทำให้ pH ภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ลดลง และมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์และกรดนิวคลีอิคภายในเซลล์ทำให้เซลล์เกิดการบาดเจ็บและตายในที่สุด (Yul *et al*., 2007) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hauser and Wunderlich (2011) ศึกษาการใช้ฟิล์มที่มีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ที่เคลือบด้วยกรดซอร์บิค พบว่าสามารถลดปริมาณ *Escherichia coli* DSM498 ที่ปนเปื้อนเนยแข็ง และเนื้อหมูได้ ในขณะที่เซทธิลไพริดิเนียมคลอไรด์จะจับกับฟอสเฟตที่เซลล์เมมเบรนแล้วผ่านเข้าสู่เซลล์ทำให้เซลล์จุลินทรีย์บาดเจ็บได้ (บุษกร, 2553; Pohlman *et al*., 2002) และสารสกัดเปลือกมังคุดมีสารโพลีฟีนอล xanthones, mangostin และ tannins ที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์ แต่เมื่อเก็บรักษานานขึ้นพบว่าปริมาณของโคลิฟอร์มจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น เนื่องจากสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ในแผ่นฟิล์มซึ่งมีปริมาณจำกัดและมีแพร่ออกจากแผ่นฟิล์มสู่เนื้อหมูตลอดเวลาจนหมดในที่สุด จากผลการทดลองนี้พบว่าแบคทีเรียลเซลลูโลสฟิล์มที่มีกรดซิตริก 4% มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณโคลิฟอร์มที่ปนเปื้อนเนื้อหมูได้สูงที่สุด ($p<0.05$) แต่พบการเปลี่ยนสีของเนื้อหมู (ไม่ได้แสดงข้อมูล) เนื่องจากกรดซิตริกที่แพร่ออกจากฟิล์มสู่เนื้อหมูที่สัมผัสกับฟิล์ม และทำปฏิกิริยากับ metmyoglobin (สารสีแดง) ในเนื้อหมูส่งผลให้สีของเนื้อหมูสดที่ควรจะมีสีแดงเปลี่ยนไปมีลักษณะซีดจางลง ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อสัตว์ดิบที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ ในขณะที่แบคทีเรียลเซลลูโลสฟิล์มที่มีกรดซิตริก 2% มีการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อหมูเล็กน้อย และมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณโคลิฟอร์มได้สูงรองลงมา โดยแบคทีเรียลเซลลูโลสฟิล์มที่มีเซทธิลไพริดิเนียมคลอไรด์ และสารสกัดเปลือกมังคุดมีประสิทธิภาพในการลดโคลิฟอร์มที่ปนเปื้อนเนื้อหมูได้ต่ำกว่าแบคทีเรียลเซลลูโลสฟิล์มที่มีกรดซิตริก

Table 1 Comparision of coliform population in pork wrapped with bacterial cellulose film containing CPC, CA and ME stored at 4°C for 10 days

Storage Time (days)	Coliforms (log CFU/g)						
	Control	CPC1	CPC2	CA1	CA2	ME3	ME4
0	4.37±0.17^{c}	4.05±0.63^{bc}	3.43±0.60^{b}	1.83±0.58^{a}	ND	3.54±0.01^{b}	3.37±0.01^{b}
2	4.69±0.02^{c}	4.15±0.14^{c}	3.97±1.09^{bc}	2.94±0.14^{a}	ND	3.91±0.48^{bc}	3.59±0.17^{b}
4	5.23±0.72^{c}	4.90±0.01^{bc}	4.41±0.53^{b}	3.59±0.18^{a}	ND	4.25±0.27^{b}	3.76±0.18^{a}
6	5.59±0.55^{c}	5.23±0.05^{bc}	4.98±0.33^{b}	ND	ND	5.31±0.28^{bc}	3.80±0.36^{a}
8	6.37±0.44^{c}	6.24±0.02^{c}	6.30±0.12^{c}	ND	ND	5.50±0.63^{b}	4.77±0.01^{a}
10	6.90±0.09^{b}	6.34±0.03^{a}	6.07±0.01^{a}	ND	ND	7.16±0.13^{c}	6.52±0.31^{ab}

$^{a-d}$ means in the row followed by different letters are significantly different at $p < 0.05$

Background coliforms = 5.77 log CFU/g, Control = Bacterial cellulose film,
CPC1 = 0.5% Cetylpyridinium chloride, CPC2 = 1.0% Cetylpyridinium chloride, CA1 = 2.0% Citric acid,
CA2 = 4.0% Citric acid, ME1 = 4.0% Mangosteen peel extract, ME2 = 8.0% Mangosteen peel extract,
ND = not detectable

สรุป

จากผลการทดลองนี้สรุปได้ว่า แบคทีเรียลเซลลูโลสฟิล์มที่มีกรดซิตริกมีประสิทธิภาพในการยับยั้งโคลิฟอร์มที่ปนเปื้อนในเนื้อหมูได้ดีที่สุด โดยแบคทีเรียลเซลลูโลสฟิล์มที่มีกรดซิตริก 2% มีศักยภาพในการนำไปใช้เป็นฟิล์มที่มีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ (antimicrobial film) สำหรับห่ออาหารเพื่อช่วยลดปริมาณโคลิฟอร์มที่ปนเปื้อนอาหาร และเพิ่มความปลอดภัยด้านจุลชีววิทยาของอาหารได้

คำขอบคุณ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากเงินทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2555 คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร และโภชนศาสตร์ที่สนับสนุนเครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ และสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

บุษกร ทองใบ. 2553. ผลของเซทริลไพริดิเนียมคลอไรด์และกรดแลคติกต่อการยับยั้ง *Escherichia coli* O157: H7 บนถั่วงอก. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 41 (1 พิเศษ): 83-86.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2547. มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกอช. 6000-2547 เนื้อสุกร. (ระบบออนไลน์) แหล่งข้อมูล: http://www.acfs.go.th/standard/download/pig.pdf. (16 ส.ค. 2555)

Deachathai, S., W. Mahabusarakam, S. Phongpaichit and W. C. Tayler. 2005. Phenolic compounds from the fruit of *Garcinia dulcis*. Phytochemistry 66 (19): 2368-2375.

FDA (Food and Drug Administration). 1998. In: Subcommitee report on Cetylpyridinium chloride. (ระบบออนไลน์) แหล่งข้อมูล: http://www.fda.gov. (16 ส.ค. 2555).

Hauser, C. and J. Wunderlich. 2011. Antimicrobial packaging films with a sorbic acid based coating. Procedia Food Science 1: 197-202.

Pohlman, F. W., M. R. Stivarius, K. S. McElyea and A. L. Waldroup. 2002. Reduction of *E. coli*, *Salmonella typhimurium*, coliforms, aerobic bacteria, and improvement of ground beef color using trisodiumphosphate or cetylpyridinium chloride before grinding. Meat Science 60: 349-356.

Torrungruang, K., P. Vichienroj and S. Chutimaworapan. 2007. Antibacterial activity of mangosteen pericarp extract against cariogenic *Streptococcus mutants*. Chulalongkorn University Dental Journal. 30: 1-10.

Yul, H., J. Yoo, J. Yoon, D. L. Marshall and D. Oh. 2007. Effect of combined ozone and organic acid treatment for control of *Escherichia coli* O517: H7 and *Listeria monocytogenes* on enoki muchroom. Food Control 18: 548-553.