ว.เกษตรศาสตร์ (วิทย.) 23 : 211 - 219 (2532)

การปรับปรุงคุณภาพซากโคขุนลูกผสม บราห์มัน x พื้นเมือง ด้วยกระแสไฟฟ้า

Electrical Stimulation to Improve Carcass Quality of Finishing Brahman x Native Beef Cattle

ชัยณรงค์ คันธพนิต[1] ศรีน้อย จินตสถาพร[2] และ เสาวลักษณ์ ผ่องลำเจียก[1]

Chainarong Kanthapanit , Srinoy Jintasataporn and Saowalak Ponglamchiak

ABSTRACT

The experiment was conducted to study the effect of electrical stimulation (ES) on the ultrastructural changes and to improve the tenderness trait of beef muscle. Nine crossbred steers (Brahman x Native) were used in this study. The animals were slaughtered and splitted longitudinally into two sides. Only the left side was electrically stimulated (ES) within 1hr postmortem prior to chilling. Each carcass was stimulated with 1 ampere 500 volts (AC) for 2 minutes employing 30 impulses (2 sec duration with 2 sec interval between impulses). After stimulation the ultrastruture of *Longissimus dorsi* (LD) muscle was observed by using Transmission Electron Microscope. The eating quality of the LD, *Infraspinatus* (IS) and *Biceps femoris* (BF) muscle were determined by using the Warner - Bratzler shear device (W - B shear) and sensory evaluation. Improvement of the lean color, marbling score, shear force value and sensory scores of beef were pronounced in ES muscle samples after 24 hr chilling. There were significant differences in lean color and marbling score between ES and unstimulated (non - ES) LD muscle sample. The LD lean color score of ES muscle (2.33) was brighter than non - ES muscle (3.00). The W - B shear value of the stimulated IS muscle was significantly ($P < 0.01$) lower than non - ES muscle (2.09 VS 2.59 kg). A similar result was obtained for the LD muscle, 3.66 VS 5.38 kg for ES and non - ES, respectively. Carcasses which were electrically stimulated has lower W - B shear values in BF muscle, 4.76 and 5.97 kg for ES and non - ES, respectively, but not statistically significant. ES improved juiciness in the BF but did not improve flavor and the overall acceptability of all muscle samples. The ultrastructural postmortem changes in the LD muscle sample were observed. Under the Transmission Electron Microscope, ES caused specific structural changes where the LD muscle sample showed irregular bands, swollen and superstretching of the myofibril and myofilament, absent H zone and Z line. These structural changes did not occur in the non - ES muscle sample.

[1] ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

Dept.of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Kampaengsaen Campus, Nakorn Pathom, Thailand.

[2] วิทยาลัยครูลพบุรี อ.เมือง จ.ลพบุรี

Lopburi Teacher's College, Amphur Muang, Lopburi, Thailand.

Therefore, ES employing 500 volts (AC) for 2 minutes can improve the tenderness of LD and IS muscles and with is a positive trend in the case of BF muscle.

บทคัดย่อ

การศึกษาผลการใช้กระแสไฟฟ้า เพื่อปรับปรุงความนุ่มของเนื้อโคขุน และเปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างระดับจุลภาคของเนื้อเยื่อที่ผ่านและไม่ผ่านการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า โดยทดลองในโคขุนลูกผสมบราห์มัน x พื้นเมือง จำนวน 9 ตัว ซากซีกซ้ายกระตุ้นด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ 500 โวลต์ นาน 2 นาที โดยปล่อยกระแส 30 impulse มีระยะนาน 2 วินาที ต่อ impulse และระยะระหว่าง impulse 2 วินาที ซากซีกขวาไม่ได้กระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า เก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi* (LD) จากซากทั้ง 2 ซีก ทันทีหลังการกระตุ้น เพื่อนำไปศึกษาลักษณะโครงสร้างระดับจุลภาค โดยเก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อ 3 มัด คือ LD, *Biceps femoris* (BF) และ *Infraspinatus* (IS) เมื่อซากผ่านการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 3°ซ. 24 ชั่วโมงแล้ว เพื่อศึกษาคะแนนสีของเนื้อและปริมาณไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ LD ค่าแรงตัดผ่านเนื้อและการตรวจชิมในกล้ามเนื้อจากตัวอย่างทั้ง 3 มัด พบว่า การใช้กระแสไฟฟ้ากระตุ้นซากทำให้สีเนื้อ คะแนนไขมันแทรก ค่าแรงตัดผ่านและคะแนนการตรวจชิมของตัวอย่างเนื้อดีขึ้นมากหลังจากแช่ซากครบ 24 ชั่วโมง กล้ามเนื้อ LD ที่ผ่านการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าจะมีสีสดใสกว่าที่ไม่ได้กระตุ้น (2.33 และ 3.00) ค่าแรงตัดผ่านในตัวอย่างกล้ามเนื้อ IS ที่ผ่านการกระตุ้น ปรากฏว่าเนื้อนุ่มกว่าพวกที่ไม่ผ่านการกระตุ้น (2.09 และ 2.59 กก.) โดยพบผลในทำนองเดียวกันนี้ในตัวอย่างกล้ามเนื้อ LD (3.66 และ 5.38 กก.) ส่วนกล้ามเนื้อ BF (4.76 และ 5.97 กก.) ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ การกระตุ้นซากด้วยกระแสไฟฟ้าทำให้คะแนนความชุ่มฉ่ำของกล้ามเนื้อ IS ดีขึ้น แต่ไม่ได้ทำให้คะแนนรสชาติและความชอบสรุปของตัวอย่างกล้ามเนื้ออื่น ๆ เปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด สำหรับการเปลี่ยนแปลงในระดับ ultrastructure นั้น พบว่าการกระตุ้นซากด้วยกระแสไฟฟ้า ทำให้โครงสร้างกล้ามเนื้อในระดับซาร์โคเมียร์เปลี่ยนแปลงไป คือมีลักษณะแถบไม่เป็นระเบียบ (irregular band) มีการแตกและการบวมของเส้นใยย่อย (myofilament) มีการเลื่อนไปของ H zone และ Z line ในขณะที่ myofibril และ myofilament มีการยืดขยายตัวออกไป ซึ่งลักษณะเหล่านี้ไม่พบในกล้ามเนื้อที่ไม่ผ่านการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าเลย

ดังนั้น การปรับปรุงความนุ่มของเนื้อโคขุนด้วยการกระตุ้นซากด้วยกระแสไฟฟ้า จึงมีผลให้กล้ามเนื้อ LD และ IS นุ่มขึ้นได้ ส่วนกล้ามเนื้อ BF ก็มีแนวโน้มนุ่มขึ้นเช่นกัน

คำนำ

เนื้อโคในประเทศไทยโดยทั่วไปมีคุณภาพต่ำเนื่องจากเหนียวมาก ทั้งนี้เพราะได้มาจากโคอายุมาก คือไม่ต่ำกว่า 5 ปีขึ้นไป ตรงกันข้ามกับเนื้อโคที่เข้ามาจากต่างประเทศ ซึ่งจะนุ่มและชุ่มฉ่ำน่ากินกว่ามาก เพราะได้มาจากโคอายุน้อยไม่เกิน 3 ปี และผ่านการขุนด้วยอาหารข้นหรือหญ้าที่มีคุณภาพมาแล้วอย่างเต็มที่ (ชัยณรงค์, 2529) แต่อย่างไรก็ตาม ปัจจัยที่ทำให้เนื้อโคมีความนุ่มมากน้อยแตกต่างกันยังมีอีกหลายประการ เช่น การทำงานหนักของสัตว์ การจัดการระหว่างฆ่า และการจัดการหลังการฆ่า เป็นต้น ในการทำให้เนื้อนุ่ม อาจจะทำได้โดยหมักด้วยกรดอ่อน การใช้ใบมีดเล็ก ๆ จำนวนมากตัดเส้นเนื้อ การใช้สารย่อยจากมะละกอ หรือสับปะรด รวมทั้งการเก็บบ่มซาก (Davey and Gilbert, 1966; Martin *et al.*, 1977;

Smith *et al.*, 1978) แต่การเก็บบ่มซากเป็นการสิ้นเปลืองเวลา พื้นที่ และค่าใช้จ่าย การใช้กระแสไฟฟ้าปล่อยเข้าไปในซากเป็นระยะเวลา 1 – 2 นาที เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ทำให้คุณภาพเนื้อโคดีขึ้น (Savell *et al.*, 1978; George *et al.*, 1980; Taylor and Cornell, 1985) Mckeith *et al.* (1980) ได้ใช้กระแสไฟฟ้า 550 โวลต์ กระตุ้นซากโคอายุมากเป็นเวลา 1 และ 2 นาที พบว่าทำให้เนื้อนุ่มขึ้น Savell *et al.* (1977) รายงานว่าความนุ่มที่เพิ่มขึ้นของเนื้อโคจากซากที่กระตุ้นด้วยไฟฟ้านั้น เป็นผลมาจากการทำงานของเอ็นไซม์ที่รั่วไหลออกมาในระบบ แล้วย่อยสลายโปรตีนพังผืดในกล้ามเนื้อ นอกจากนั้นการยืดตัวหดตัวอย่างรุนแรงของกล้ามเนื้อขณะนั้นทำให้เกิดการฉีกขาดของไมโอไฟบริล (myofibril) จึงทำให้เนื้อนุ่มขึ้นได้ ชัยณรงค์ และคณะ (2530) รายงานว่าในระดับซาร์โคเมียร์ของกล้ามเนื้อสันนอกที่ได้จากซากโคอายุมากที่ผ่านการกระตุ้นด้วยไฟฟ้า 500 โวลต์ 2 นาที แล้วพบลักษณะแถบไม่เป็นระเบียบ มีการบวมและฉีกขาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ รวมทั้งการเลือนหายของ Z line ด้วยซึ่งน่าจะเป็นสาเหตุของการทำให้เนื้อนุ่มขึ้นกว่าเดิม ในการทดลองครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาถึงอิทธิพลของการใช้กระแสไฟฟ้ากระตุ้นซากโคขุนลูกผสมบราห์มัน x พื้นเมือง อายุไม่เกิน 3 ปี ที่มีต่อคุณภาพบริโภคและลักษณะโครงสร้างระดับจุลภาคของเนื้อเยื่อโดยเครื่อง Transmission Electron Microscope (TEM)

อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้โคขุนลูกผสมบราห์มัน x พื้นเมือง จำนวน 9 ตัว อายุประมาณ 2 – 2.5 ปี ผ่านการขุนด้วยอาหารข้น 70% หญ้าสด 30% เป็นเวลาประมาณ 180 วัน ณ ฟาร์มโคเนื้อภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน น้ำหนักสิ้นสุดเฉลี่ย 375.25 กก. นำเข้าฆ่า ณ ห้องปฏิบัติการเนื้อสัตว์ของภาควิชาสัตวบาล ตามวิธีมาตรฐานสากล (ชัยณรงค์, 2529) หลังจากฆ่าซากเป็น 2 ซีก และภายใน 1 ชั่วโมงหลังฆ่า นำซากซีกซ้ายมาผ่านการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าโดยใช้เครื่องกระตุ้นซากด้วยไฟฟ้าที่ประดิษฐ์ขึ้นในประเทศ (ชัยณรงค์, 2530) โดยปล่อยกระแสไฟฟ้า 500 โวลต์ นาน 2 นาที จำนวน 30 impulse ระยะ 2 วินาทีต่อ impulse และมีระยะระหว่าง impulse เท่ากับ 2 วินาทีเช่นกัน หลังจากกระตุ้นซากแล้วนำซากทั้ง 2 ซีก รวมทั้งซากซีกขวาที่ไม่ได้กระตุ้นไปแช่ห้องเย็น 2°ซ. เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึงเก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอก *Longissimus dorsi* (LD) กล้ามเนื้อหัวไหล่ *Infraspinatus* (IS) และกล้ามเนื้อขาสะโพก *Biceps femoris* (BF) ห่อเก็บในพลาสติกแบบสูญญากาศ นำไปแช่แข็งที่ –20°ซ. จนกว่าจะดำเนินการต่อไป

นำกล้ามเนื้อ LD มาตัดตามขวางหนา 2.5 ซม. ทิ้งไว้ 15 นาที แล้วบันทึกคะแนนสีเนื้อตามมาตรฐานสีเนื้อโคของ Kansas State University, Circular no. 398 (Kansas Agricultural Experiment Station 1971) บันทึกคะแนนไขมันแทรกตามมาตรฐานเกรดซากโคของ USDA (ชัยณรงค์, 2529) นำตัวอย่างกล้ามเนื้อทั้ง 3 มัดมาละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำเข้าอบที่อุณหภูมิประมาณ 200°ซ. จนกระทั่งอุณหภูมิเนื้อถึง 70°ซ. นำออกทิ้งไว้ให้เย็น แบ่งเนื้อออกมา 1 ชิ้น หนา 2.5 ซม. ใช้ core ขนาด 1.25 ซม. ที่ติดมากับเครื่อง Warner - Bratzler Shear (W - B shear) เก็บตัวอย่างตามยาวของเส้นใยกล้ามเนื้อแล้ววัดค่าแรงตัดผ่าน (Shear Force) ด้วยเครื่อง W - B shear นำเนื้ออีกชิ้นหนึ่งหนาเท่ากันมาตัดแบ่งเป็นชิ้นขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร แล้วนำไปให้ผู้ชิมที่ผ่านการฝึกมาแล้วทำการตรวจชิมตามวิธีทดสอบแบบ scoring test ซึ่งแบ่งระดับคะแนนตามลักษณะความนุ่ม รสชาติ ความชุ่มฉ่ำและความพอใจโดยสรุปออกมาเป็น 5 ระดับ

(5 point hedonic scale)

ในการศึกษาโครงสร้างระดับจุลภาคของกล้าม-เนื้อนั้น ดำเนินการตามวิธีเตรียมตัวอย่างและย้อมเนื้อเยื่อก่อนศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบลำแสงส่องผ่านด้วยกำลังขยาย 10,000 – 40,000 เท่า (ชัยณรงค์ และคณะ, 2530) วัดความยาวซาร์โคเมียร์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ตามวิธีของ Savell *et al.* (1977) แผนการทดลองเป็นแบบ Randomized Complete Block Design (จรัญ, 2523) วิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ย (F - test) โดยวิธี Analysis of Variance

ผลและวิจารณ์

การใช้เครื่องมือกระตุ้นไฟฟ้าในซากโคขุน เป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อ LD ดังแสดงใน Table 1 โดยซากที่ผ่านการกระตุ้นด้วยไฟฟ้ามีสีสดใสกว่าพวกที่ไม่ได้กระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยมีคะแนนสีเนื้อเท่ากับ 2.33 และ 3.00 สำหรับพวกกระตุ้นและไม่กระตุ้นตามลำดับ ผลครั้งนี้จึงสอดคล้องกับ Savell *et al.* (1978) และ Calkins *et al.* (1982) ทั้งนี้เพราะกระแสไฟฟ้าทำให้ขบวนการไกลโคไลซิส ดำเนินไปอย่างรวดเร็วกว่าปกติ จน ATP หมดไปอย่างรวดเร็วและเกิดขบวนการไกลโคซิสแบบไม่ใช้ออกซิเจนขึ้นทันทีในขณะที่ออก-ซิเจนยังมีอยู่ในกล้ามเนื้อเป็นจำนวนมากจึงเกิดเป็น oxymyoglobin ในกล้ามเนื้อมากขึ้น จนเป็นผลให้สีของเนื้อแดงสดใสยิ่งขึ้น การวัดปริมาณไขมันแทรกของเนื้อ LD แสดงผลใน Table 1 พวกที่ได้รับการกระตุ้นด้วยไฟฟ้ามีคะแนนไขมันแทรก 6.22 ในขณะที่พวกไม่ได้กระตุ้นมีคะแนนเท่ากับ 7.00 ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติ ($P< 0.05$) แสดงว่าพวกที่ผ่านการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าจะมีค่าปริมาณไขมันแทรกดีกว่าพวกไม่ได้กระตุ้นซึ่งก็สอดคล้องกับ Mckeith *et al.* (1981) ที่พบว่าซากที่ผ่านการกระตุ้นด้วยไฟฟ้า จะให้ค่าปริมาณไขมันแทรกดีกว่าพวกไม่ได้กระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) การใช้กระแสไฟฟ้ากระตุ้นซากโคขุนนี้จะทำให้ lean texture มีความแน่นตัวมากขึ้น จึงทำให้ไขมันแทรกปรากฏให้เห็นชัดเจนกว่า นอกจากนั้นการที่เนื้อมีสีสดใสและจางกว่าก็มีผลให้ผู้ประเมินมองเห็นไขมันแทรกชัดขึ้น จึงให้คะแนนในระดับที่มากกว่าสีเนื้อเข้มตามปกติทั่วไป เมื่อนำ core ตัวอย่างกล้ามเนื้อที่สุกแล้ว จากกล้ามเนื้อ LD, BF และ IS ไปวัดค่าแรงตัดผ่านด้วยเครื่องมือ Warner - Bratzler Shear เพื่อทราบความเหนียวนุ่มของเนื้อ (Table 1) ปรากฏว่าในกล้ามเนื้อ LD และ IS จากพวกที่กระตุ้นด้วยไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ยแรงตัดผ่านเนื้อต่ำกว่า ซึ่งหมายถึงนุ่มกว่าพวกที่ไม่ได้กระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) คือ LD มีค่าเท่ากับ 3.66 และ 5.38 กก. และ IS มีค่าเท่ากับ 2.10 และ 2.59 กก. สำหรับพวกกระตุ้นและไม่กระตุ้นตามลำดับ ส่วนในกล้ามเนื้อ BF นั้นพบว่า พวกกระตุ้นมีค่าแรงตัดผ่านต่ำกว่าแต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือมีค่าเท่ากับ 4.76 กก. และ 5.94 กก. สำหรับพวกกระตุ้นและไม่กระตุ้นตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาโดยรวมก็จะเห็นได้ว่าจากตัวอย่างกล้ามเนื้อทั้ง 3 มัด การกระตุ้นซากด้วยไฟฟ้าทำให้เนื้อนุ่มขึ้นกว่าเดิมมาก และเมื่อนำเนื้อเหล่านี้ไปตรวจชิมโดยผู้ที่ผ่านการฝึกมาแล้วดังแสดงผลใน Table 2 กล้ามเนื้อ LD และ IS ที่ผ่านการกระตุ้นด้วยไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ยคะแนนความนุ่มดีกว่าพวกไม่กระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) คือ LD มีคะแนนเท่ากับ 2.53 และ 2.85 และ IS มีคะแนนเท่ากับ 1.98 และ 2.31 สำหรับพวกกระตุ้นและไม่กระตุ้นตามลำดับ แต่ในกล้ามเนื้อ BF มีคะแนนซึ่งแสดงแนวโน้มว่าพวกกระตุ้นนุ่มกว่าคือคะแนน 3.09 ส่วนพวกไม่กระตุ้นเท่ากับ 3.28 ทั้งนี้โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเกิดขึ้น ใน

Table 1 Effect of electrical stimulation (ES) of finished beef carcass on color score, marbling score and sarcomere length of *Longissimus dorsi* (LD) and Warner - Bratzler Shear value (W - B) of LD, *Biceps femoris* (BF) and *Infraspinatus* (IF).

Observation	ES	Non - ES
Color score (LD) [1]	2.33[a*]	3.00[b]
Marbling score (LD) [2]	6.22[a]	7.00[b]
Sarcomere length, micron (LD)	1.92[a]	1.22[b]
W - B Shear, kg [3]		
LD	3.66[a]	5.38[b]
BF	4.76	5.97
IF	2.09[a]	2.59[b]

* Means in same row with different superscript letter are statistically different ($P < 0.05$)

[1] 5 color score; 1 = bright pinkish, 5 = dark red

[2] 9 marbling score; 1 = very abundant, 9 = practically devoid

[3] Average shear force value (kg) core sample of 1.25 cm.

Table 2 Taste panel results of *Longissimus dorsi* (LD), *Biceps femoris* (BF) and *Infraspinatus* (IF) muscle samples from electrical stimulated (Non - ES) carcass.

Muscle and Taste panel trait [1]	Taste panel score	
	ES	Non - ES
Longissimus dorsi (LD)		
Tenderness [2]	2.53[a*]	2.85[b]
Flavor [3]	2.75	2.92
Juiciness [4]	3.05	3.33
Overall acceptability [5]	2.80	3.01
Biceps femoris (BF)		
Tenderness	3.09[a]	3.29[a]
Flavor	2.80	2.97
Juiciness	3.48	3.44
Overall acceptability	3.06	3.21
Infraspinatus (IF)		
Tenderness	1.98[a]	2.31[b]
Flavor	2.54	2.66
Juiciness	2.60	2.83
Overall acceptability	2.56	2.78

* Means in same row with different superscript letter are statistically different ($P < 0.05$)

[1] Taste panel scores averaged from 8 trained panelists

[2] 5 Tenderness score; 1 = mushy, 3 = acceptable, 5 = very tough

[3] 5 Flavor score; 1 = the best, 3 = average, 5 = unacceptable

[4] 5 Juiciness score; 1 = too juicy, 3 = average, 5 = too dry

[5] 5 Overall acceptability; 1 = like most, 3 = either like or dislike, 5 = dislike very much

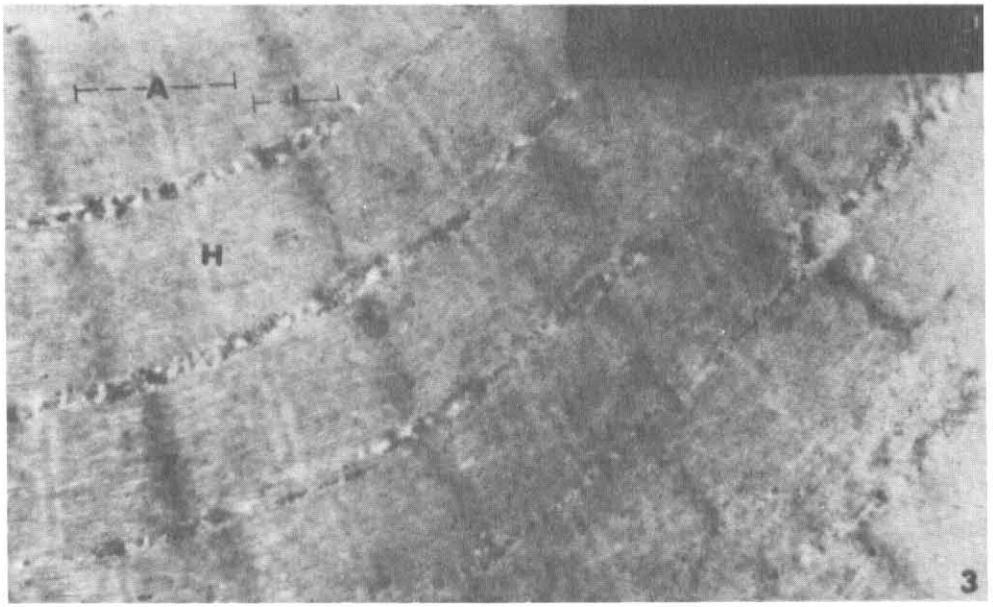


Figure 1. **Electron micrograph of the ultrastructure of *Longissimus dorsi* muscle sample from non - electric stimulated carcass showing I band (I), A band (A), H zone (H) and Z line (Z) magnification 10,000 times.**

ด้านรสชาติ พบว่าการใช้กระแสไฟฟ้ากระตุ้นซากไม่มีผลต่อรสชาติ ของตัวอย่างกล้ามเนื้อทั้ง 3 มัด โดยในกล้ามเนื้อ LD มีคะแนนเท่ากับ 2.75 และ 2.72 กล้ามเนื้อ BF มีคะแนน 2.80 และ 2.29 กล้ามเนื้อ IS คะแนน 2.54 และ 2.66 สำหรับพวกกระตุ้นและไม่กระตุ้นตามลำดับ ลักษณะความชุ่มฉ่ำพบว่ากล้ามเนื้อ IS ที่ได้รับการกระตุ้นจะชุ่มฉ่ำกว่าพวกไม่ได้กระตุ้นและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วย ($P < 0.05$) โดยมีคะแนน 2.60 และ 2.83 สำหรับพวกกระตุ้นและไม่กระตุ้นตามลำดับ กล้ามเนื้อ LD มีคะแนน 3.05 และ 3.33 กล้ามเนื้อ BF มีคะแนน 3.48 และ 3.44 สำหรับพวกกระตุ้นและไม่กระตุ้นตามลำดับในลักษณะของความพอใจ (Table 2) โดยสรุป พบว่า การใช้กระแสไฟฟ้ากระตุ้นซากเป็นเหตุให้ผู้ตรวจชิมชอบมากกว่าพวกที่ไม่ได้กระตุ้น โดยกล้ามเนื้อ LD มีคะแนน 2.79 และ 3.014 กล้ามเนื้อ BF คะแนน 3.063 และ 3.21 กล้ามเนื้อ IS คะแนน 2.56 และ 2.79 สำหรับพวกกระตุ้นและไม่กระตุ้นตามลำดับ ถึงแม้ว่าจะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่คะแนนมีแนวโน้มว่าพวกกระตุ้นได้คะแนนต่ำกว่า ซึ่งหมายถึงชอบมากกว่า

ในการศึกษาลักษณะโครงสร้างระดับจุลภาค (ultrastructure) นั้น การวัดความยาวของซาร์โคเมียร์ พบว่าพวกที่กระตุ้นด้วยไฟฟ้ามีซาร์โคเมียร์ยาวกว่า (1.918 ไมครอน) พวกไม่กระตุ้น (1.222 ไมครอน) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ดังแสดงใน Table 1 ซึ่งสอดคล้องกับที่ Dutson *et al.* (1976) รายงานว่ากล้ามเนื้อที่มีซาร์โคเมียร์ยาวกว่านั้นจะนุ่มกว่า ซึ่งขัดแย้งกับ Savell *et al.* (1977) และ Will *et al.* (1979) ที่รายงานว่าความยาวซาร์โคเมียร์ในพวกที่กระตุ้นและไม่กระตุ้นในโคขุนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากในการทดลองของทั้ง 2 คณะนั้นเก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อหลังการแช่เย็นซากเป็นเวลานาน (delay - chill) ต่างจากการทดลองครั้งนี้ซึ่งเก็บ

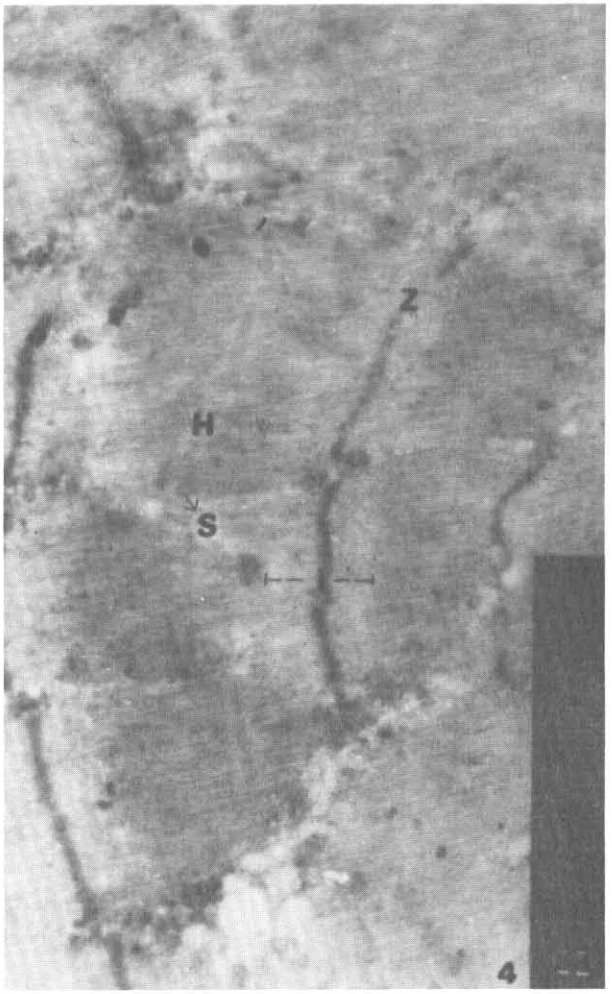


Figure 2. **Electron micrograph of the ultrastructure of *Longissimus dorsi* muscle sample from electric stimulated carcass showing irregular band pattern, superstreching of myofibril and myofilament, (S), absent H zone (H) and Z line (Z), and wider I band (I) Magnification 1.4 x 10,000.**

ตัวอย่างหลังแช่เย็นซาก 2°ซ. 24 ชม. ผลที่วัดได้จึงเกิดจากกระแสไฟฟ้าเป็นส่วนใหญ่ โดยไม่มีอิทธิพลของเอ็นไซม์มาเกี่ยวข้อง จึงทำให้มีความแตกต่างเด่นชัดขึ้นมา การตรวจดูลักษณะเส้นใยกล้ามเนื้อ LD ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบลำแสงส่องผ่านพบว่า พวกที่ได้รับการกระตุ้นด้วยไฟฟ้ามีแถบของซาร์โคเมียร์ไม่เป็นระเบียบ (irregular band) มีการแตกแยกและบวมของเส้นใยย่อย (myofilaments) และยังพบการเลือนหายของ H zone ส่วน I band กว้างขึ้น ในบางส่วนของ Z line มีลักษณะการสลายตัวเกิดขึ้น แต่ไม่พบลักษณะเหล่านี้ในพวกที่ไม่ได้กระตุ้นดังแสดงใน Figure 1 and 2 ซึ่งผลครั้งนี้สอดคล้องกับที่ Will *et al.* (1980) กับ Elgasim *et al.* (1981) ได้รายงานไว้ว่าพบลักษณะไม่เป็นระเบียบในซาร์โคเมียร์ การเสื่อมสลายของ Z line การบวมของซาร์โคพลาสมิก เรตติคิวลัม และการฉีกขาดของเส้นใยย่อย (myofibrils)

สรุป

การใช้กระแสไฟฟ้าขนาด 500 โวลต์ กระตุ้นซากโคขุนลูกผสมบราห์มัน x พื้นเมือง สามารถทำให้สีของกล้ามเนื้อ LD สดใสขึ้น ทำให้คะแนนปริมาณไขมันแทรกสูงขึ้น ค่าแรงตัดผ่านในกล้ามเนื้อ LD และ IS มีค่าต่ำกว่าซึ่งมีความหมายว่าเนื้อนุ่มกว่าพวกที่ไม่ได้ผ่านการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P < 0.05$) ในการตรวจชิมพบว่า การใช้กระแสไฟฟ้ากระตุ้นซากทำให้มีการยอมรับสูงกว่าในลักษณะของความนุ่ม รสชาติและความชุ่มฉ่ำ ส่วนความชอบสรุป ไม่มีผลแตกต่างกัน แต่คะแนนมีแนวโน้มว่าพวกที่ผ่านการกระตุ้นซากด้วยไฟฟ้าได้รับการยอมรับดีกว่า

การศึกษาลักษณะโครงสร้างระดับจุลภาคของกล้ามเนื้อ พบว่าการกระตุ้นซากด้วยไฟฟ้าทำให้กล้ามเนื้อมีซาร์โคเมียร์ยาวกว่าพวกที่ไม่ได้กระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และเมื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบลำแสงส่องผ่านพบว่าซาร์โคเมียร์ มีแถบไม่เป็นระเบียบ (irregular band pattern) มีการแตกแยกและบวมของเส้นใยย่อย มีการเลือนหายของ H zone ส่วน I band กว้างขึ้นกว่าปกติ และในบางส่วนของ Z line มีลักษณะการสลายตัวเกิดขึ้น ส่วนพวกที่ไม่ได้กระตุ้นไม่พบลักษณะเหล่านี้ปรากฏอยู่เลย

เอกสารอ้างอิง

จรัญ จันทลักขณา. 2523. สถิติวิธีวิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย. บริษัท สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด. กรุงเทพฯ. 468 น.

ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529. วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์. บริษัท โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด, กรุงเทพฯ. 276 น.

ชัยณรงค์ คันธพนิต. วรรณวิมล สาสนรักกิจ และเสาวลักษณ์ ผ่องลำเจียก. 2530. การใช้กระแสไฟฟ้ากระตุ้นซากโคอายุมากเพื่อทำให้เนื้อนุ่ม. การประชุมทางวิชาการ สาขาสัตว์ครั้งที่ 25. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 228 น.

Calkins, C.R., T.R. Dutson, G.C. Smith and Z.L. Carpenter. 1982. Concentration of creatine phosphate, adenine nucleotides and their derivatives in electrically stimulated and nonstimulated beef muscle. J. Food Sci. 47 : 1350 - 1356.

Davey, C.L. and K.V. Gilbert. 1966. Studies in meat tenderness : II. Proteolysis and the aging of beef. J. Food Sci. 31 : 135 - 140.

Dutson, T.R., R.L. Hosteler and Z.L. Carpenter. 1976. Effect of collagen levels and sarcomere shortening on muscle tenderness. J. Food Sci. 41 : 863 - 866.

Elgasim, E.A., W.H. Kennick, L.A. McGill, D.E. Ruck and A. Soeldner. 1981. Effect of electrical stimulation and delayed chilling of beef carcass on carcass and meat characteristics. J. Food Sci. 46 : 340 - 343.

George, A.R., J.R. Bendall and R.C.D. Jones. 1980. The tenderizing effect of electrical stimulation of beef carcasses. Meat Sci. 4 : 51 - 58.

Kansas Agricultural Experiment Station. 1971. Beef Color. Circular no. 398. Dept. Ani. Sci. and Industry, Kansas State University. Manhattan, Kansas.

Martin, A.H., L.E. Jeremiah, H.T. Fredeen and P.J. L'Hirondelle. 1977. The influence of pre - and post - rigor muscle changes on intrinsic toughness of beef carcasses. Can. J. Ani. Sci. 57 : 705.

Mckeith, F.K., G.C. Smith, J.W. Savell, T.R. Dutson, Z.L. Carpenter and D.R. Hammons. 1980. Electrical stimulation of mature cow carcasses. J. Food Sci. 50 : 694 - 698.

_____. 1981. Effects of certain electrical stimulation parameters on quality and palatability of beef. J. Food Sci. 46 : 13 - 18.

Savell, J.W., G.C, Smith, T.R. Dutson, Z.L. Carpenter and D.A. Suter. 1977. Effect of electrical stimulation on palatability of beef, lamb and goat meat. J. Food Sci. 42 : 703 - 706.

Savell, J.W., G.C. Smith and Z.L. Carpenter. 1978. Effect of electrical stimulation on quality and palatability of light weight beef carcass. J. Ani. Sci. 46 : 1221 - 1228.

Smith, G.C., G.R. Guld and Z.L. Carpenter. 1978. Postmortem aging of beef carcass. J. Food Sci. 43 : 823 - 826.

Taylor, D.G. and J.G. Cornell. 1985. The effects of electrical stimulation and aging on beef tenderness. Meat Sci. 12 : 243 - 251.

Will, P.A., R.L. Henrickson, R.D. Morrison and G.V. Odell. 1979. Effect of electrical stimulation on ATP depletion and sarcomere length in delay - chilled bovine muscle. J. Food Sci. 44 : 1646 - 1648.

Will, P.A., C.L. Ownby and R.L. Henrickson. 1980. Ultrastructure postmortem changes in electrically stimulated bovine muscle. J. Food Sci. 45 : 21 - 25.