Agricultural Sci. J. 33 : 6 (Suppl.) : 346-350 (2002) **ว. วิทย. กษ. 33 : 6 (พิเศษ) : 346-350 (2545)**

ผลการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และการบ่มเนื้อที่มีต่อความนุ่มของเนื้อโค
The Effect of Calcium Chloride Injection and Aging Period on Beef Tenderness

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล[1] ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ[1] วรวิทย์ พันธุ์เมธิศร์[1]
จันทร์พร เจ้าทรัพย์[2] และ ณรงค์ จึงสมานญาติ[3]
Jutarat Sethakul[1], Yanin Opaspatanakit[1], Warawit Panmethis[1],
Chanporn Chaosap[2] and Narong Jeungsamanyat[3]

Abstract

The purpose of this study were to investigate the effect of calcium chloride injection and aging period on beef tenderness. Six crossbred steers (Red Sindi X Native) were slaughtered and then *Semimembranosus* (SM) *Gluteobiceps* (GB) and *Longissimus dorsi* (LD) were removed from each carcass. Muscles from left side were injected with 250 mM $CaCl_2$ at 5%(wt/wt) at 6 h postmortem and muscles from right side were not injected. After vacuum storage for 1, 3 and 5 d at 6-8 °C, Warner-Bratzler shear force (WBS) and muscle ultrastructure were studied.

Results indicated that $CaCl_2$ injection had more WBS than non-injection ($P<0.01$). In SB and GB, aging 5 d postmortem had more WBS than aging 1 and 3 d ($P<0.01$) while there was no difference between aging 1 and 3 d. In LD, aging period has no effect on WBS($P>0.05$). Interaction between $CaCl_2$ injection and aging period on WBS of SM and GB, there was not significantly different among $CaCl_2$ injected meat and aging 1 3 and 5 d which was not differed from non-injected meat and aging 5 d postmorte. But all injected meat had lower WBS than non-injected meat and aging 1 and 3 d ($P<0.05$). In LD, there was no interaction between $CaCl_2$ injection and aging period on WBS ($P>0.05$). At all aging period, WBS were lower in $CaCl_2$ injected muscles compared to non-injected groups ($P<0.05$). In non-injected group had significantly different in WBS in each different aging period ($P<0.05$).

Muscle ultrastructure was examined by transmission electron microscope, the electron micrograph of $CaCl_2$ injection and aging 5 d postmortem showed most disintegrate of muscle structure. It showed that LD muscle injected with $CaCl_2$ and aging 1 d postmortem had more muscle structure disintegrate than non-injected muscle which was aged 5 d postmortem.

บทคัดย่อ

การศึกษาถึงผลการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ เพื่อปรับปรุงความนุ่มของเนื้อโคลูกผสมเรดซินดีกับโคพื้นเมืองเพศผู้ตอน จำนวน 6 ตัว น้ำหนักประมาณ 300-350 กก. โดยหลังจากทำการฆ่าแล้วแบ่งซากออกเป็น 2 ซีก แล้วตัดแต่งซากนำกล้ามเนื้อ *Semimembranosus* (SM) *Gluteobiceps* (GB) และ *Longissimus dorsi* (LD) จากซากซีกซ้ายมาทำการฉีดสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 250 mM ในปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเนื้อทดลอง (wt/wt) ณ. ชั่วโมงที่ 6 ภายหลังจากสัตว์ตาย ส่วนกล้ามเนื้อจากซากซีกขวาจะไม่ได้รับการฉีดสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ จากนั้นนำเนื้อไปบรรจุถุงสุญญากาศแล้วนำไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 6-8 °ซ เป็นเวลา 1 3 และ 5 วัน เมื่อครบตามกำหนดนำเนื้อมาหาค่าแรงตัดผ่านเนื้อและศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบลำแสงส่องผ่าน

ผลการทดลองพบว่าเนื้อที่ได้รับการฉีดสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการฉีด ($P<0.01$) อิทธิพลของการบ่มซากนั้นพบว่ากล้ามเนื้อ SM และ GB ที่บ่มเนื้อไว้ 1 และ 3 วันมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่การบ่มเนื้อทั้ง 1 และ 3 วันนี้จะมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อสูงกว่าเนื้อที่บ่มไว้ 5 วัน ($P<0.01$) ส่วนกล้ามเนื้อ LD พบว่าการบ่มเนื้อไว้ 1 3 และ 5 วัน มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อศึกษาถึงอิทธิพลร่วมของการฉีดสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และการบ่มเนื้อ พบว่ากล้ามเนื้อ SM และ GB กลุ่มที่ฉีดสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และบ่มเนื้อไว้ 1 3 และ 5 วัน มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ และไม่ต่างกับเนื้อที่ไม่ได้รับการฉีดสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่บ่มเนื้อไว้ 5 วัน ($P>0.05$) แต่จะมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อต่ำกว่าเนื้อที่ไม่ได้รับการฉีดสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่บ่มเนื้อไว้ 1 และ 3 วัน ($P<0.05$) กล้ามเนื้อ LD นั้นพบว่า เนื้อที่ฉีดแคลเซียมคลอไรด์และบ่มเนื้อไว้ 1 3 และ 5 วันมีมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่จะต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการฉีดแคลเซียมคลอไรด์ทุกระยะของการบ่มเนื้อ ($P<0.05$)

---

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[2] ภาควิชาเทคโนโลยีครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[3] ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบลำแสงส่องผ่าน พบว่ากล้ามเนื้อ LD ที่ได้รับการฉีดสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และบ่มเนื้อไว้เพียง 1 วัน โครงสร้างของเนื้อมีการสลายตัวมากกว่าเนื้อที่ไม่ฉีดแคลเซียมคลอไรด์และบ่มไว้ 5 วัน และพบว่าเนื้อที่ฉีดแคลเซียมคลอไรด์และบ่มไว้ 5 วัน โครงสร้างของเนื้อมีการสลายตัวเป็นอย่างมาก

คำนำ

ความนุ่มของเนื้อเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคคำนึงถึงเป็นสำคัญในการตัดสินใจเลือกซื้อเนื้อมาบริโภค จึงมีการค้นคว้าและวิจัยอย่างกว้างขวางเพื่อหาวิธีปรับปรุงความนุ่มของเนื้อ เป็นต้นว่าการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า การใช้เอ็นไซม์จากธรรมชาติเช่น ปาเปนจากยางมะละกอ การใช้แคลเซียมคลอไรด์ก็เป็นแนวทางหนึ่งในการปฏิบัติ Koohmaraie และคณะ (1990); Morgan และคณะ (1991) และ Wheeler และคณะ (1991) ทดลองฉีดแคลเซียมคลอไรด์ 300 mM 10%(wt/wt) ก่อนเกิดการหดเกร็งตัวของกล้ามเนื้อโดยฉีดภายใน 30 นาทีหลังสัตว์ตาย ทำให้ความนุ่มของเนื้อเพิ่มขึ้นและลดระยะเวลาในการบ่มเนื้อลงได้เนื่องจากค่าแรงตัดผ่านเนื้อของกลุ่มที่ฉีดแคลเซียมคลอไรด์ที่บ่มไว้เพียง 24 ชั่วโมงใกล้เคียงกับกลุ่มที่ไม่ฉีดแต่ต้องบ่มเนื้อไว้ 7 วัน แต่ Morgan และคณะ (1991) พบว่าการใช้แคลเซียมคลอไรด์ 300 mM 10%(wt/wt) ทำให้รสชาติของเนื้อเสียไป ต่อมา Kerth และคณะ (1995) ทดลองใช้แคลเซียมคลอไรด์ 250 mM 5%(wt/wt) พบว่าเนื้อนุ่มขึ้นโดยไม่มีผลต่อรสชาติของเนื้อเช่นกัน และ Wheeler และคณะ (1997) ทดลองใช้แคลเซียมคลอไรด์ 200 mM 5%(wt/wt) พบว่าเนื้อนุ่มขึ้นโดยไม่มีผลต่อรสชาติของเนื้อเช่นกัน ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาถึงผลการใช้แคลเซียมคลอไรด์ 250 mM 5%(wt/wt) โดยทำการฉีดเวลาประมาณที่ 6 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย (pre rigor mortis) ว่าจะมีอิทธิพลต่อค่าแรงตัดผ่านเนื้อและการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างระดับจุลภาคอย่างไรบ้าง

อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้โคลูกผสมเรดซินดีกับโคพื้นเมืองเพศผู้ตอน จำนวน 6 ตัว น้ำหนักประมาณ 300-350 กก. ทำการฆ่าและชำแหละที่โรงฆ่ามารตรฐาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน แบ่งซากออกเป็น 2 ซีก แล้วตัดแต่งซากเพื่อทำการเก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อ Semimembranosus (SM), Gluteobiceps (GB), Longissimus dorsi (LD) หลังจากนั้นเนื้อที่ตัดแต่งจากซากซีกซ้ายถูกนำมาฉีดสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 250 mM. 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเนื้อ (wt/wt) ภายหลังจากสัตว์ตาย 6 ชั่วโมง ส่วนกล้ามเนื้อจากซากซีกขวาจะไม่ฉีดสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ทำการบรรจุในถุงสุญญากาศ แล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 6-8 องศาเซลเซียส ไว้เป็นเวลา 1 3 และ 5 วัน เมื่อครบกำหนดเนื้อแต่ละชิ้นถูกนำมาหาค่าแรงตัดผ่านและนำไปทดสอบทางจุลกายวิภาคด้วยกล้องอิเล็กตรอนแบบลำแสงส่องผ่าน

การวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อนั้นห่อชิ้นเนื้อที่หนาประมาณ 1 นิ้วด้วยอลูมิเนียมฟอยด์แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิใจกลางของเนื้อเป็น 72 องศาเซลเซียส จากนั้นนำเนื้อมาตัดเป็นแท่งรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ายาวประมาณ 2-3 เซนติเมตร พื้นที่หน้าตัดขนาด 1 ตารางเซ็นติเมตร นำไปหาค่าแรงตัดผ่านเนื้อด้วยเครื่อง Instron Model 1011 ส่วนการทดสอบทางจุลกายวิภาคนั้น ทำการเก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อ Longissimus dorsi แล้วนำไปถ่ายภาพ electron micrograph ด้วยกล้องอิเล็กตรอนแบบลำแสงส่องผ่านตามวิธีของณรงค์ (2529)

การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้แผนการทดลอง 2X3 factorial in RCBD 6 replication ปัจจัย A เป็น ระดับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ คือ 0 และ 250 mM 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเนื้อ (wt/wt) ปัจจัย B เป็นระยะเวลาในการบ่มเนื้อ คือ 1 3 และ 5 วัน Block คือ โคแต่ละตัว วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง treatment ด้วย Duncan' s New multiple Range test ด้วยโปรแกรม IRRISTAT (1992)

ผลและวิจารณ์

การศึกษาอิทธิพลของแคลเซียมคลอไรด์และระยะเวลาในการบ่มเนื้อที่มีต่อค่าแรงตัดผ่านเนื้อของกล้ามเนื้อ Semimembranosus(SM) Gluteobiceps(GB) Longissimus dorsi(LD) ผลปรากฏว่าแคลเซียมคลอไรด์มีผลทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อของกล้ามเนื้อทั้ง 3 ชนิดลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ($P<0.01$) โดยค่าแรงตัดผ่านเนื้อของกล้ามเนื้อ SB เป็น 8.43 และ 6.21 กก. GB เป็น 7.95 และ 6.08 กก. และ LD เป็น 7.83และ 5.68 กก. สำหรับเนื้อที่ไม่ได้ฉีดแคลเซียมคลอไรด์และกลุ่มที่ฉีดแคลเซียมคลอไรด์ตามลำดับ (ดังตารางที่ 1) ความนุ่มของเนื้อที่เพิ่มเนื่องจากการฉีดสารละลายแคลเซียมคลอไรด์นั้น Koohmaraie และคณะ (1988) อธิบายว่าความนุ่มของเนื้อหลังจากสัตว์ตายเพิ่มขึ้นในระหว่างการบ่มเนื้อนั้นเนื่องจากการทำงานของเอ็นไซม์ที่เรียกว่า calpains ซึ่งจะทำการย่อยสลายเส้นใยกล้ามเนื้อโดยอาศัยแคลเซียมเป็นตัวกระตุ้นการทำงาน Warriss (2000) เอ็นไซม์ calpains มี 2 รูป คือ u-calpain อาศัยแคลเซียมในการกระตุ้นการทำงานในปริมาณต่ำคือ 50-100 um และ m-calpain อาศัยแคลเซียมในการกระตุ้นการทำงานในปริมาณสูงคือ 1-2 mM

เอ็นไซม์ u-calpain ทำงานได้ดีในช่วง pH สูงและอุณหภูมิสูง ดังนั้นหลังเกิด rigor mortis แล้ว ประมาณ 24 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย m-calpain จะทำงานได้ดีกว่า Koohmaraie และคณะ (1990) และ Wheeler และคณะ (1992) พบว่าแคลเซียมคลอไรด์มีผลทำให้ปริมาณแคลเซียมในเนื้อเพิ่มขึ้น จึงไปกระตุ้นการทำงานของทั้ง u-calpain และ m-calpain เกิดการย่อยสลายของเส้นใยกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นและเร็วขึ้นด้วยเมื่อความนุ่มของเนื้อเพิ่มขึ้นค่าแรงตัดผ่านเนื้อก็ลดลง Koohmaraie และคณะ (1986) และ Huff-lonergan และคณะ (1996) พบว่าเอ็นไซม์ u-calpain เป็นเอ็นไซม์ที่ทำให้เกิดการย่อยสลายของโปรตีนของเนื้อหลังสัตว์ตาย เพราะว่าในเนื้อมีปริมาณแคลเซียมไม่มากพอที่จะกระตุ้นการทำงานของ m-calpain Milligan และคณะ (1997) และ Koohmaraie และคณะ (1998) พบว่าการฉีดแคลเซียมคลอไรด์หลังเกิดขบวนการหดเกร็งตัวของเนื้อแล้ว (post rigormortis) มีผลทำให้ความนุ่มของเนื้อเพิ่มขึ้น ถึงแม้ว่าการทำงานของ u-calpain จะลดลงแล้วก็ตาม ปริมาณแคลเซียมที่มากพอนี้จะไปกระตุ้นการทำงานของ m-calpain

อิทธิพลของการบ่มเนื้อที่มีต่อค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ผลปรากฏว่ากล้ามเนื้อ SB และ GB ที่บ่มไว้ 1 และ 3 วันมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อไม่ต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่การบ่มเนื้อทั้ง 2 ระยะมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อสูงกว่าเนื้อที่บ่มไว้ 5 วัน ($P<0.01$) กล้ามเนื้อ LD นั้นพบว่าระยะเวลาในการบ่มเนื้อไม่มีอิทธิพลต่อค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ($P>0.05$) ดังตารางที่ 1 ความนุ่มของเนื้อที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการบ่มเนื้อนั้นเนื่องมาจากการทำงานของเอ็นไซม์ u-calpain (Koohmaraie *et al.*, 1988) ผลการทดลองของ Wheeler และคณะ (1992) พบว่ากล้ามเนื้อสันนอกที่บ่มไว้ 2 วัน มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อสูงกว่าที่บ่มไว้ 7 วัน ($P<0.05$) Morgan และคณะ (1991) พบว่ากล้ามเนื้อสันนอกที่บ่มไว้ 14 วัน มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อต่ำที่สุด รองลงมาคือที่บ่มไว้ 7 วัน และสูงที่สุดคือที่บ่มไว้ 1 วัน ($P<0.05$) ผลการทดลองครั้งนี้ปรากฏว่าการบ่มเนื้อมีอิทธิพลต่อกล้ามเนื้อ SB และ GB แต่ไม่มีผลต่อ LD อาจเนื่องจาก LD เป็นเนื้อที่มีความนุ่มมากอยู่แล้วการบ่มเนื้อเพียง 3 หรือ 5 วันจึงไม่มีผลต่อการลดลงของค่าแรงตัดผ่านเนื้อ Mies และคณะ (2002) แนะนำว่าชิ้นส่วนย่อยของโคคือ ไหล่ (chuck) ควรบ่มไว้ 12 วัน สันส่วนหน้า (rib) ควรบ่มไว้ 11-15 วัน สันส่วนหลัง (strip loin) ควรบ่มไว้ 14 วัน สะโพกส่วน bottom round ควรบ่มไว้ 12 วัน และส่วน top round ควรบ่มไว้ 16 วัน

Table1 $CaCl_2$ injection and Aging period effects on Warner – Bratzler shear force.

Item	Shear Force (kg/cm^2)		
	Semimembranosus	Gluteobiceps	Longissimus dorsi
Treatment			
Control	8.43[a]	7.95[a]	7.83[a]
CaCl2	6.21[b]	6.08[b]	5.68[b]
Aging Period (day)			
1	8.07[b]	7.50[b]	7.12
3	7.70[b]	7.47[b]	6.67
5	6.19[a]	6.07[a]	6.47

[a,b] Means in a column within main effect with different superscrips ($P<0.01$)

อิทธิพลร่วมระหว่างการบ่มเนื้อและการฉีดแคลเซียมคลอไรด์ที่มีต่อค่าแรงตัดผ่านเนื้อ พบว่ากล้าม-เนื้อ SM และ GB กลุ่มที่ฉีดแคลเซียมคลอไรด์และบ่มเนื้อไว้ 1 3 และ 5 วัน มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 2 และพบว่ามีค่าแรงตัดผ่านเนื้อไม่แตกต่างจากเนื้อที่ไม่ได้รับการฉีดแคลเซียมคลอไรด์และบ่มไว้ 5 วัน ($P>0.05$) แต่จะมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ฉีดแคลเซียมคลอไรด์และบ่มไว้ ทั้ง 1 และ 3 วัน ($P<0.05$) กรณีกล้ามเนื้อ LD นั้นพบว่ากลุ่มที่ฉีดแคลเซียมคลอไรด์และบ่มเนื้อไว้ 1 3 และ 5 วัน มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อไม่ต่างกันทางสถิติ แต่จะต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ฉีดแคลเซียมคลอไรด์ทุกระยะของการบ่มเนื้อ ($P<0.05$) ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ Wheeler และคณะ (1991) ที่ศึกษาผลการฉีดแคลเซียมคลอไรด์ 0.3 M 10%(wt/wt) กับเนื้อสะโพก (Biceps femoris) ภายในเวลา 30 นาทีหลังสัตว์ตายพบว่ากลุ่มที่ฉีดแคลเซียมคลอไรด์มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ฉีด ($P<0.05$) Wheeler และคณะ (1992) พบว่าอิทธิพลร่วมของการฉีดแคลเซียมคลอไรด์ภายใน 30 นาทีหลังสัตว์ตายและทำการบ่มซากไว้ 2 และ 5 วัน พบว่ามีค่าแรงตัดผ่านเนื้อไม่ต่างกันทางสถิติแต่จะต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ฉีดและบ่มเนื้อไว้ ทั้ง 2 และ 5 วัน ($P<0.05$) Wheeler และคณะ (1997) ทดลองฉีดแคลเซียมคลอไรด์ 200 mM 5%(wt/wt) หลังสัตว์ตาย 48 ชั่วโมง พบว่ากลุ่มที่ฉีดเมื่อบ่มเนื้อไว้เพียง 1 วัน มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อไม่ต่างกันทางสถิติกับกลุ่มที่ไม่ฉีดแต่ต้องบ่มเนื้อไว้ 6 วัน โดยมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อเป็น 5.89 และ 5.62 กก. ตามลำดับ ($P>0.05$)

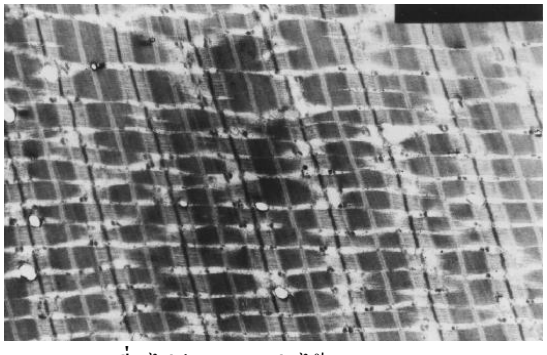
Table 2 The interaction of CaCl2 injection and Aging period effects on Warner – Bratzler shear force.

Type of Muscles	Aging Period (day)	Warner–Bratzler shear force	
		control	CaCl2
Semimembranosus	1	10.09 [a]	6.05 [b]
	3	8.80 [a]	6.06 [b]
	5	6.42 [b]	5.97 [b]
Gluteobiceps	1	9.37 [a]	5.63 [b]
	3	8.61 [a]	6.33 [b]
	5	5.87 [b]	6.27 [b]
Longissimus dorsi	1	8.78 [a]	5.46 [d]
	3	7.72 [b]	5.63 [d]
	5	6.98 [c]	5.97 [d]

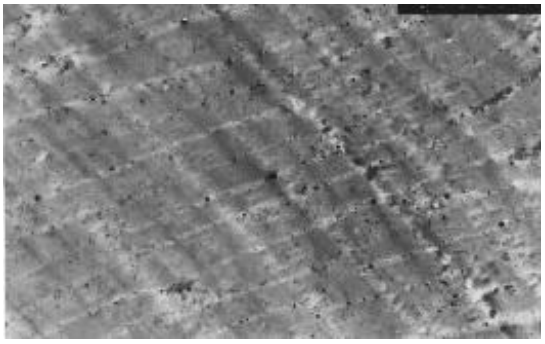
[a,b,c] Means in a column within type of muscles with different superscrips (P<0.05)

ผลการศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคของกล้ามเนื้อ LD ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบลำแสงส่องผ่าน พบว่าเนื้อที่ฉีดแคลเซียมคลอไรด์และบ่มเนื้อไว้เพียง 1 วัน โครงสร้างของเนื้อมีการสลายตัวมากกว่าเนื้อที่ไม่ฉีดและบ่มไว้ 5 วัน และพบว่าเนื้อที่ฉีดและบ่มไว้ 5 วัน มีการสลายตัวของโครงสร้างกล้ามเนื้อมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มที่ไม่ฉีดแคลเซียมคลอไรด์ พบว่าการบ่มเนื้อไว้นานขึ้นมีผลทำให้เกิดการสลายของโครงสร้างของเนื้อเพิ่มขึ้น โดยการบ่มไว้ 5 วัน สลายตัวมากที่สุด รองลงมาคือ 3 วัน และ 1 วันตามลำดับ สอดคล้องกับ Koohmaraie และคณะ (1988) รายงานว่าแคลเซียมคลอไรด์ทำให้เกิดการแตกหักของไมโอไฟบริล (myofibril fragmentation) เพิ่มขึ้น ซึ่งค่าการแตกหักของไมโอไฟบริลนี้ใช้เป็นดัชนีแสดงถึงความนุ่มของเนื้อได้ Whipple และคณะ (1994) พบว่าแคลเซียมคลอไรด์ทำให้เกิดการสลายตัวของโครงสร้างของเนื้อโดยพบโปรตีนขนาดโมเลกุล 36 28 และ 22 kDa ซึ่งเป็นโปรตีนที่เป็นส่วนประกอบของ tropomyosin ซึ่งสอดคล้องกับ Gerelt และคณะ (2002) พบว่าแคลเซียมคลอไรด์ทำให้เกิดการย่อยสลายของ tropomyosin จากภาพถ่าย electron micrographs พบว่ากลุ่มที่ไม่ฉีดแคลเซียมคลอไรด์และบ่มไว้ 168 ชั่วโมง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างของเนื้อ กลุ่มที่ฉีดแคลเซียมคลอไรด์และบ่มไว้ 24 ชั่วโมง เส้น M-lines เริ่มเลือนหายไปและ I-band กว้างขึ้น กลุ่มที่ฉีดและบ่มเนื้อไว้ 168 ชั่วโมง มีการย่อยสลายมากที่สุดและพบว่า z-lines ถูกทำลาย ซึ่งการที่ z-lines สลายตัวนี้จะทำให้เกิดการแตกหักของ myofibril และ I-bands เป็นผลให้เนื้อนุ่มมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าแคลเซียมคลอไรด์ยังไปทำลายโครงสร้างของเนื้อเยื่อเกี่ยวที่หุ้มเส้นใยกล้ามเนื้อคือ endomysium อีกด้วย

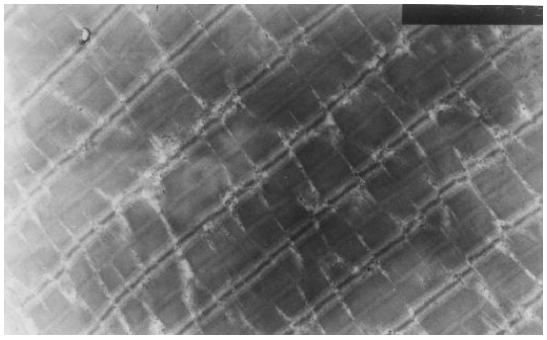
ภาพถ่าย electron micrograph ของ LD ที่ฉีดและไม่ฉีดแคลเซียมคลอไรด์และบ่มเนื้อไว้ระยะเวลาต่างกัน



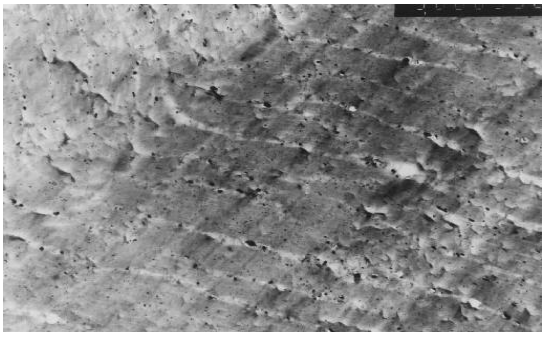
ภาพที่1 ไม่ฉีด $CaCl_2$ บ่มไว้ 1 วัน



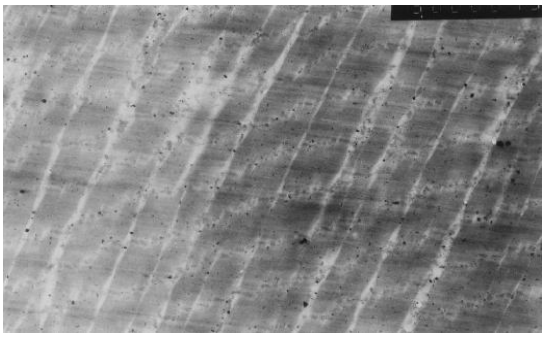
ภาพที่ 2 ฉีด $CaCl_2$ บ่มไว้ 1 วัน



ภาพที่3 ไม่ฉีด $CaCl_2$ บ่มไว้ 3 วัน



ภาพที่ 4 ฉีด $CaCl_2$ บ่มไว้ 5 วัน



ภาพที่ 5 ไม่ฉีด $CaCl_2$ บ่มไว้ 5 วัน

สรุป

แคลเซียมคลอไรด์มีผลทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อของกล้ามเนื้อ SM GB และ LD ลดลง ($P<0.01$) การบ่มเนื้อไว้ 5 วัน ทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อลดลงในกรณีของกล้ามเนื้อ SM และ GB ($P<0.01$) แต่ไม่มีผลต่อ LD อิทธิพลร่วมของการฉีดแคลเซียมคลอไรด์และการบ่มเนื้อพบว่ากล้ามเนื้อ SM และ GB ที่ฉีดแคลเซียมคลอไรด์และบ่มไว้ 1 3 และ 5 วัน มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อไม่ต่างกันและไม่ต่างจากกลุ่มที่ไม่ฉีดแต่ต้องบ่มไว้ 5 วัน ($P>0.05$) กล้ามเนื้อ LD ที่ฉีดแคลเซียมคลอไรด์ที่บ่มเนื้อไว้ 1 3 และ 5 วัน มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อไม่ต่างกันแต่จะต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ฉีดทุกระยะของการบ่มเนื้อ ($P<0.05$) โครงสร้างทางจุลภาคของกล้ามเนื้อที่ฉีดแคลเซียมคลอไรด์และบ่มไว้เพียง 1 วัน มีการสลายตัวมากกว่ากลุ่มที่ไม่ฉีดและบ่มไว้ 5 วัน และพบว่ากลุ่มที่ฉีดแคลเซียมคลอไรด์และบ่มไว้ 5 วัน มีการสลายตัวของโครงสร้างของเนื้อมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

ณรงค์ จึงสมานญาติ. 2529. หลักการและเทคนิค กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบลำแสงส่องผ่าน. ภาควิชากายวิภาคศาสตร์. คณะสัตวแพทยศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Gerelt B., Y. Ikeuchi, T. Nishiumi and A. Suzaki. 2002. Meat tenderization by calcium chloride after osmotic dehydration. Meat Sci. 60: 237-244.

Huff-Lonergan E., T. Mitsuhashi, D.D Beckman, F.C. Panish, Jr., D.G. Olson and R.M. Robson. 1996. Proteolysis of specific muscle structural proteins by u-calpin at low pH and temperature is similar to degradation in postmortem bovine muscle. J. Anim. Sci. 74: 993-1008.

Kerth C.R., M.F. Miller and C.B. Ranseg. 1995. Improvement of Beef Tenderness and Quality Traits with Calcium Chloride Injection in Beef 48 Hours Postmortem. J. Anim. Sci. 73: 750-756.

Koohmaraie, M., Babiker, A.S., Merkel, R.A and T.R. Dutson. 1988. Role of Ca^{24} dependent protease and lysosomal enzymes in postmortem changes in bovine skeletal muscle. J. Food Sci. 53: 1253-1257.

Koohmaraie, M., J.E. Schtlmeyer and T.R. Dutson. 1986. Effect of low-calcium-requiring calcium-activated factor on myofibrils under varying pH and temperature conditions. J. Food Sci. 51: 28.

Koohmaraie, M., S.D.Shackelford and T.L. Wheeler. 1998. Effect of Prerigor Freezing and postrigor calcium chloride injection on the tenderness of Callipyge Longissing. J. Anim. Sci. 76: 1427-1432.

Koohmaraie M., G. Whipple and J.D. Crouse.1990. Acceleration of postmortem tenderization in lamb and Brahman-Cross beef carcasses through infusion of calcium chloride. J. Anim. Sci. 68: 1278-1283.

Mies, P.D., K.E. Belk, J.D. Tatum and G.C. Smith. Effects of postmotem aging on beef tenderness and aging guidelines to maximize tenderness of different beef subprimal cuts. http://www.ansci.colostate.edu/ran/meat/mies.pdf

Milligan, S.D.,M.F. Miller, C.N. Oats and C.B. Ramsey. 1997. Calcium Chloride injection and degree of doneness effects on the sensory characteristics of beef inside round roasts. J. Anim. Sci. 75: 668-672.

Morgan J.B., R.K. Miller, F.M. Mendez, D.S. Hale and J.W. Savell. 1991. Using Calcium Chloride injection to improve tenderness of beef from mature cow. J. Anim. Sci. 69: 4469-4476.

Warriss P.D. 2000. Meat Science. An introductory text. CABI Publishing. Waaling ford. UK.

Wheeler, T.L., J.D. Crouse and M. Koohmaraie.1992. The effect of postmortem time of injection and freezing on the effectiveness of Calcium Chloride for improving beef tenderness. J. Anim. Sci. 70: 3451-3457.

Wheeler T.L., M. Koohmaraie and J.D. Crouse. 1991. Effect of Calcium Chloride injection and hot boving on the tenderness of round muscles. J. Anim. Sci. 69: 4871-4875.

Wheeler T.L., M. Koohmaraie and S.D. Shackelford. 1997. Effect of postmortem injection time and postinjection along time on the Calcium-activated tenderization process in beef. J. Anim. Sci. 75: 2652-2660.

Whipple G. , M. Koohmaraie and J.R. Arbona. 1994. Calcium Chloride in vitro effects on isolated myofibrillar proteins. Meat Sci. 38: 133-139.