

ความหนาแน่นในการขนส่งแกะสู่โรงฆ่าสัตว์ต่อค่าโลหิตวิทยาและคุณภาพเนื้อ
(The stocking density of lamb transportation to slaughterhouse
on hematology and meat quality.)

อุทัย พรหมราช

Uthai Prommarat

ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทคัดย่อ

สัมมนาฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหนาแน่นในการขนส่งแกะสู่โรงฆ่าสัตว์ต่อค่าโลหิตวิทยาและคุณภาพเนื้อ โดยทำการศึกษาเอกสารทางวิชาการจำนวน 12 ฉบับ ที่ตีพิมพ์ในช่วงปี พ.ศ. 2538-2561 ซึ่งมีการศึกษาการใช้ความหนาแน่นในการขนส่งทางรถยนต์ ตั้งแต่ระดับ 0.12-0.40 ตารางเมตรต่อตัว พบว่าความหนาแน่นในการขนส่งที่ระดับ 0.20 ตารางเมตรต่อตัว มีผลต่อระดับเอนไซม์แลคเตทดีไฮโดรจีเนส ระดับกลูโคส ($P < 0.05$) และมีแนวโน้มระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลในเลือดสูงกว่าการขนส่งที่ความหนาแน่น 0.3 และ 0.4 ตารางเมตรต่อตัว ส่วนด้านคุณภาพเนื้อ พบว่า ความหนาแน่นในการขนส่งไม่มีผลต่อคุณภาพเนื้อของแกะด้านความเป็นกรด-ด่าง ค่าสีของเนื้อ ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ และความสามารถในการอุ้มน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ทั้งนี้ในความหนาแน่นในการขนส่งสัตว์สู่โรงฆ่าควรคำนึงถึงน้ำหนักตัว รูปแบบการขนส่ง และระยะทางในการขนส่งด้วยร่วมด้วย โดยความหนาแน่นในการขนส่งแกะสู่โรงฆ่าสำหรับแกะที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 26-30 กิโลกรัม ในพื้นที่ 0.30 ตารางเมตรต่อตัวเหมาะสมที่สุด แต่หากแกะมีน้ำหนักตัวไม่เกิน 14 กิโลกรัม ก็สามารถใช้ความหนาแน่นในการขนส่งแกะสู่โรงฆ่าสัตว์ในพื้นที่ 0.12 ตารางเมตรต่อตัวได้

คำสำคัญ: การขนส่ง ความหนาแน่น ความเครียด คุณภาพเนื้อ แกะ

บทนำ

แกะ เป็นสัตว์ที่สามารถพัฒนาเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ เนื่องจากความต้องการบริโภคเนื้อแกะทั้งในประเทศและกลุ่มประเทศอาเซียนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (ปราโมทย์, 2547) การจัดการสัตว์ก่อนฆ่าหรือการขนย้ายสัตว์ไปยังโรงฆ่าสัตว์ เป็นขั้นตอนที่สำคัญต่อคุณภาพเนื้อเป็นอย่างมาก เพราะอาจทำให้สัตว์บาดเจ็บ มีรอยชำ จุดเลือด หรือสัตว์ตายได้ ปัจจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้องในเรื่องนี้ ได้แก่ พาหนะที่ใช้บรรทุกระยะทางในการขนส่ง สภาพภูมิอากาศ ความแออัด อุปกรณ์ที่ใช้ในการขนย้าย เป็นต้น เพื่อป้องกันการเกิดความเครียดในสัตว์ (ประหยัด, 2558) ความหนาแน่นในการขนส่งสัตว์ควรเป็นไปตามหลักสวัสดิภาพสัตว์และความสามารถในการบรรทุกของพาหนะ การบรรทุกสัตว์ที่หนาแน่นมากหรือน้อยเกินไปอาจทำให้เกิดการบาดเจ็บได้ (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2557) ความเครียดของแกะมีผลโดยตรงกับคุณภาพเนื้อแกะ การขนส่งแกะสู่โรงฆ่าเป็นขั้นตอนสุดท้ายก่อนฆ่าและเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่ควรระมัดระวังซึ่งมีผลต่อความเครียดกับแกะได้ โดยเมื่อสัตว์อยู่ในสภาวะเครียดร่างกายจะหลั่งฮอร์โมนคอร์ติซอล ซึ่งเป็นฮอร์โมนในกลุ่มสเตียรอยด์ที่สร้างและหลั่งจากต่อมหมวกไต มีหน้าที่สำคัญในการตอบสนองต่อความเครียด โดยคอร์ติซอลจะช่วยเพิ่มระดับน้ำตาลในเลือด กระตุ้นการสลายไขมัน ยับยั้งการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันทำให้ร่างกายของสัตว์อ่อนแอ (เพทาย, 2538) การวัดระดับความเข้มข้นของคอร์ติซอลในเลือดถือเป็นวิธีวัดความเครียดที่ได้รับการยอมรับ โดยระดับคอร์ติซอลที่สูงมีผลต่อคุณภาพเนื้อ (Kruger et al., 2016) ซึ่งหากแกะเกิดความเครียดก่อนฆ่า ทำให้ร่างกายมีการเผาผลาญไกลโคเจนที่สะสมอยู่ทั้งในกล้ามเนื้อและตับ ระดับไกลโคเจนจะถูกใช้จนหมดหรือลดลง เมื่อแกะถูกฆ่าและเอาเลือดออกระดับไกลโคเจนที่เหลืออยู่จะเปลี่ยนเป็นกรดแลคติกน้อยลง ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อภายหลังจากการฆ่ามีค่าสูงขึ้นหรือมีภาวะเป็นด่างส่งผลให้เกิดลักษณะเนื้อผิดปกติ คือ เนื้อสีคล้ำ แห้ง แข็งกระด้าง (DFD: Dark Firm Dry) ซึ่งเนื้อประเภทนี้ไม่เป็นที่ต้องการของตลาด (take et al., 2014) ดังนั้นสัมมนาฉบับนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหนาแน่นในการขนส่งแกะสู่โรงฆ่าต่อค่าโลหิตวิทยาและคุณภาพเนื้อ

คุณภาพเนื้อ (Meat quality)

คุณภาพเนื้อ คือ ลักษณะต่างๆของเนื้อที่ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค และเหมาะสมต่อการนำไปแปรรูป คุณภาพเนื้อสามารถวัดได้หลายอย่างตามปัจจัยที่กำหนด เช่น จากการมองด้วยตา จากการที่ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อสินค้านั้นๆ เนื่องจากชอบและยอมรับ โดยเฉพาะคุณภาพจากการที่ผู้บริโภคได้รับประทานแล้วรู้สึกอร่อย แต่หากรับประทานแล้วรู้สึกไม่อร่อย เนื้อนั้นจะเป็นเนื้อที่คุณภาพต่ำ เนื้อคุณภาพดีเมื่อนำไปทำผลิตภัณฑ์ย่อมได้ผลผลิตที่ดี เนื้อแต่ละชนิดมีคุณภาพแตกต่างกันไปตามชนิดและประเภทของสัตว์ เช่น เนื้อลูกแกะควรมีสีแดงสว่างถึงสีแดงอิฐ กระจุกยังไม่แข็งมากนัก ไม่มีกลิ่นสาบ มีไขมันสีขาวกระจายตามชิ้นเนื้อ ลักษณะเนื้อที่มีผลในการบริโภค ได้แก่ สี ความฉ่ำ ความนุ่มของเนื้อ กลิ่น ลักษณะเนื้อคล้ำ แห้ง แข็งกระด้างรายละเอียดดังนี้

1. สีของเนื้อ เป็นสิ่งแรกที่ผู้บริโภครับรู้และสัมผัสได้ เป็นความรู้สึกของผู้บริโภคต่อลักษณะที่มองเห็นของเนื้อ สิ่งแรกที่ผู้บริโภครับรู้ คือ สี ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญเพราะสีจะเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคใช้ตัดสินคุณภาพของเนื้อและดึงดูดใจผู้บริโภค สีของเนื้อขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ชนิดสัตว์ อายุ ชิ้นส่วนอวัยวะที่ต่างกัน ปริมาณไมโอโกลบินในเนื้อ ความเป็นกรด-ด่าง เช่น เนื้อโคจะมีสีแดงสดและเข้มกว่าเนื้อแกะ โดยเนื้อแกะจะมีสีแดงสว่างถึงแดงอิฐ เนื้อที่ได้จากสัตว์อายุมากจะมีสีเข้มกว่าเนื้อที่ได้จากสัตว์อายุน้อย เนื้อที่มีความเป็นกรดต่ำจะมีสีเข้มกว่าเนื้อที่เป็นกรดสูง ลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ของเนื้อแกะ คือ เนื้อสีคล้ำ แห้ง และแข็ง

2. ความฉ่ำน้ำ คือ น้ำที่อยู่ในเนื้อ นั่นคือความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ เนื้อที่มีความฉ่ำถือว่าเป็นลักษณะเนื้อที่ดี เพราะเมื่อนำไปบริโภคจะทำให้เนื้อมีรสชาติดี และไขมันในกล้ามเนื้อยังช่วยเป็นตัวกันไม่ให้เนื้อเกิดการสูญเสียได้ และช่วยกระตุ้นการหลั่งน้ำลายทำให้เกิดความรู้สึกฉ่ำน้ำในเนื้อได้

การขนส่งสัตว์สู่โรงฆ่าตามหลักสวัสดิภาพสัตว์

การจัดการสัตว์ก่อนฆ่าหรือการขนย้ายสัตว์ไปยังโรงฆ่าสัตว์ ควรพิจารณาปัจจัยต่างๆ คือ อุณหภูมิ ฤดูกาล ระยะทางในการขนส่ง สภาพถนน และความหนาแน่นของสัตว์ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม เมื่อขนส่งสัตว์จากฟาร์มสู่โรงฆ่าจำเป็นต้องมีการพักสัตว์ เพื่อระบายความร้อนออกจากร่างกาย และลดความเครียดก่อนถูกฆ่า (Jama et al., 2016) การขนส่งนับว่าเป็นกระบวนการในการจัดการที่ทำให้สัตว์มีความเครียดเป็นอย่างมาก ต้องทำอย่างระมัดระวังไม่บรรทุกแน่นจนเกินไป จะทำให้สัตว์เกิดความเครียด การนำสัตว์ขึ้นหรือลงจากรถบรรทุกต้องระมัดระวังการล้มของสัตว์ การขังสัตว์ไว้ในคอกพักสัตว์แต่ละคอกไม่ควรเกินครึ่งหนึ่งของพื้นที่คอกสัตว์ ในระหว่างการขนส่งสัตว์ไม่ได้พักผ่อน ขาดน้ำ ขาดอาหารและอาจเกิดการบาดเจ็บ หรือตายได้ง่าย

Table 1 ความหนาแน่นที่เหมาะสมสำหรับการขนส่งแกะ

น้ำหนัก (กิโลกรัม)	พื้นที่สำหรับแกะ (ตารางเมตร/ตัว)
27	0.20
36	0.23
45	0.26
54	0.30

Source: Gradin, 2010 อ้างโดย สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. (2557)

ฮอร์โมนคอร์ติซอล (Cortisol hormone) และกลไกของความเครียดที่ส่งผลกระทบต่อสัตว์

ฮอร์โมนคอร์ติซอล (Cortisol hormone) เป็นฮอร์โมนที่จัดอยู่ในกลุ่มสเตอรอยด์ฮอร์โมน (steroid hormones) เป็นฮอร์โมนที่มีโครงสร้างคล้ายโคเลสเตอรอล (cholesterol) ขับจากต่อมหมวกไตส่วนนอก (adrenal cortex) ซึ่งต่อมหมวกไตส่วนนอกทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมนคอร์ติคอยด์ (corticoid hormones) เป็นกลุ่มฮอร์โมนที่ประกอบด้วยกลูโคคอร์ติคอยด์ฮอร์โมน (glucocorticoid hormone) เช่น cortisol และ corticosterone (เพทาย, 2538) การควบคุมการสังเคราะห์ฮอร์โมนคอร์ติคอยด์เกิดจากการทำงานของ อะดรีโนคอร์ติโคโทรฟิคฮอร์โมน (adrenocorticotrophic hormone: ACTH) ในลักษณะ (negative feedback) กล่าวคือกลูโคคอร์ติคอยด์ที่ผลิตจากต่อมหมวกไตส่วนนอก จะไปยับยั้งการหลั่งฮอร์โมนคอร์ติโคโทรฟินรีลีสซิงฮอร์โมน (corticotrophinreleasing hormone : CRH) ทำให้ลดการหลั่ง ACTH จากต่อมใต้สมองส่วนหน้า (Figure 1) นอกจากนั้นกลูโคคอร์ติคอยด์อาจมีผล negative feedback ต่อต่อมใต้สมองโดยตรง นอกจากนี้ การควบคุมระดับกลูโคคอร์ติคอยด์มีปัจจัยเนื่องจากเวลาของวันมาเกี่ยวข้องด้วย คือในเวลากลางคืนระดับ cortisol จะต่ำกว่าในเวลากลางวัน (เพทาย, 2538)

หน้าที่ของ Cortisol

เมื่อสัตว์เกิดความเครียดจะหลั่งฮอร์โมนที่เรียกว่า Cortisol จะทำให้สัตว์มีความดันโลหิตสูงและหัวใจเต้นเร็ว สัตว์จะมีการตื่นตัว กล้ามเนื้อสั่น เกร็ง ผิวหนัง แดงเป็นจ้ำมีอุณหภูมิร่างกายสูงซึ่งมีสาเหตุมาจากอุณหภูมิ ความหิว ความกระหาย ความกดดัน ได้รับบาดเจ็บจากการขนส่ง ฮอร์โมนเหล่านั้นสะสมในตัวสัตว์ทำให้เกิดความเครียด เป็นปัจจัยสำคัญที่จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพเนื้อ

1. เพิ่มระดับน้ำตาลในกระแสเลือด โดยการเปลี่ยนไกลโคเจนที่สะสมไว้ที่ตับไปเป็นกลูโคส โดยฮอร์โมนกลูโคคอร์ตอยด์
2. กดระบบภูมิคุ้มกัน (immunosuppressive effect) ยับยั้งกลไกการสร้างภูมิคุ้มกันของร่างกาย ช่วยลดการ สลัดอวัยวะที่ปลูกถ่าย (organ rejection) แต่กลูโคคอร์ตอยด์จะไม่มีผลต่อภูมิคุ้มกันที่ได้รับจากภายนอก เช่นการ ได้รับวัคซีนที่เป็นอิมมูนต่างๆ (immune)
- 3.ต่อต้านการอักเสบ โดยการทำให้เส้นเลือดฝอยขยายตัว มีของเหลวออกสู่เนื้อเยื่อ มีเม็ดเลือดขาว มาที่บริเวณเกิดการอักเสบ

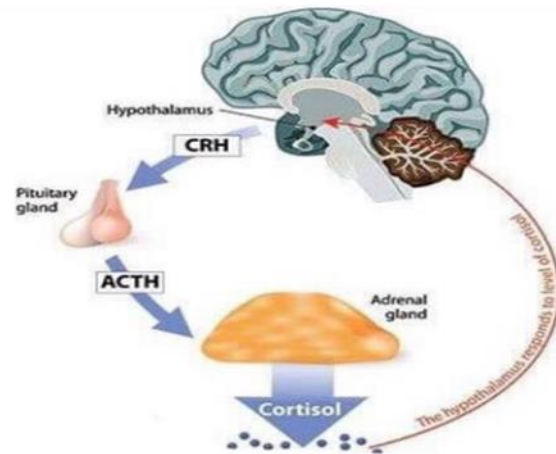


Fig 1 กลไกของความเครียดที่ส่งผลกระทบต่อร่างกาย

Source: Jasmer (2020)

เอนไซม์แลคเตตดีไฮโดรจีเนส (LDH: Lactate dehydrogenase)

เป็นเอนไซม์ที่พบได้ในเซลล์เนื้อเยื่อของร่างกายหลายชนิด โดยจะพบมากใน ตับ กล้ามเนื้อลาย หัวใจ และในไต ในภาวะปกติเอนไซม์แลคเตตดีไฮโดรจีเนสจะมีปริมาณเพียงเล็กน้อย ซึ่งสามารถตรวจพบได้ในกระแสเลือด เอนไซม์แลคเตตดีไฮโดรจีเนสจะถูกปลดปล่อยจากเซลล์เนื้อเยื่อสู่กระแสเลือด เมื่อเซลล์เนื้อเยื่อได้รับความเสียหายหรือถูกทำลาย เอนไซม์แลคเตตดีไฮโดรจีเนสเป็นตัวกระตุ้นกล้ามเนื้อให้เปลี่ยนกรดแลคติกเป็นไพรูวิก ซึ่งเป็นกระบวนการเผาผลาญที่จำเป็นในการผลิตพลังงานให้เซลล์ และระดับเอนไซม์แลคเตตดีไฮโดรจีเนสในกระแสเลือดจะเพิ่มสูงขึ้น สามารถวัดค่าเอนไซม์แลคเตตดีไฮโดรจีเนสเพื่อวินิจฉัยโรค การวัดค่าเอนไซม์แลคเตตดีไฮโดรจีเนส สามารถวัดเป็นเอนไซม์แลคเตตดีไฮโดรจีเนสรวม หรือ LDH Isoenzymes

ผลของความหนาแน่นในการขนส่งต่อค่าโลหิตวิทยาของแกะ

ความหนาแน่นในการขนส่งสัตว์ควรเป็นไปตามหลักสวัสดิภาพสัตว์ และความสามารถในการบรรทุกของพาหนะ การบรรทุกสัตว์ที่หนาแน่นหรือน้อยเกินไปอาจทำให้เกิดการบาดเจ็บได้ ความเครียดของแกะมีผลโดยตรงกับคุณภาพเนื้อแกะ การขนส่งแกะสู่โรงฆ่าเป็นขั้นตอนสุดท้ายก่อนฆ่าและเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่ควรระมัดระวัง ซึ่งมีผลต่อความเครียดกับแกะได้ จากการศึกษาของ De la Fuente et al. (2010) ศึกษาผลของความหนาแน่นในการขนส่งต่อระดับเอนไซม์แลคเตตดีไฮโดรจีเนสและฮอร์โมนคอร์ติซอลของแกะ (Table 2) ทำการขนส่งแกะเพศผู้ จำนวน 72 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 12-14 กิโลกรัม โดยการขังแกะรวมกันเป็นกลุ่มบนรถบรรทุกตามระดับความหนาแน่น คือ 0.12, 0.20 และ 0.25 ตารางเมตรต่อตัว เก็บตัวอย่างเลือดก่อนขนและหลังขนส่งทำ เพื่อการตรวจวัดระดับเอนไซม์แลคเตตดีไฮโดรจีเนสและฮอร์โมนคอร์ติซอล ผลการศึกษา

พบว่า ระดับความหนาแน่นในการขนส่งไม่มีผลต่อระดับเอนไซม์แลคเตทดีไฮโดรจีเนสและฮอร์โมนคอร์ติซอลของแกะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งความหนาแน่นในการขนส่งเป็นไปตามหลักสวัสดิภาพสัตว์ของสหภาพยุโรปที่กำหนดความหนาแน่นที่เหมาะสมสำหรับการขนส่งแพะและแกะขนาดน้ำหนักตัวมากกว่า 26 กิโลกรัม ควรมีความหนาแน่น 0.20 ตารางเมตรต่อตัว ทั้งนี้แกะที่มีน้ำหนัก 10-14 กิโลกรัม สามารถใช้ความหนาแน่นขั้นต่ำ 0.11-0.14 ตารางเมตรต่อตัว (SCAHAW, 2002)

Table 2 Effect of transport stocking density on hematological values in lambs.

Parameters	stocking density (m ² /lamb)			S.E.	Sig.
	0.25	0.20	0.12		
LDH, U/L					
Initial	690.1	796.6	805.3	263.5	ns
Final	777.2	758.0	810.6	197.4	ns
Cortisol, ng/ml					
Initial	3.69	4012	3.50	2.03	ns
Final	6.38	5.80	5.85	4.25	ns

S.E.: Standard error of the mean. Sig.: Significance.

ns: non-significant

Source: De la Fuente et al. (2010)

Table 3 Effect of transport stocking density on hematological values in lambs.

Parameters	stocking density (m ² /lamb)				Sig.
	0.27		0.20		
	mean	S.E.	Mean	S.E.	
Glucose, mg/dl					
Initial	64.43	4.28	60.91	3.66	ns
Final	46.49 ^b	4.57	69.73 ^a	4.17	***
LDH, UI/L					
Initial	115.52	4.42	112.82	2.62	ns
Final	150.94 ^b	3.81	172.21 ^a	3.39	**
Cortisol, ng/ml					
Initial	16.65	2.30	18.42	6.57	ns
Final	29.90 ^b	2.84	49.24 ^a	3.21	**

^{a, b}: means in the same line with different superscripts are significantly different. S.E.: Standard error of the mean.

Sig.: Significance. ns: non-significant; ** $P<0.01$; *** $P<0.001$.

Source: Teke et al. (2014)

Teke et al. (2014) ศึกษาผลของความหนาแน่นในการขนส่งต่อระดับเอนไซม์แลคเตทดีไฮโดรจีเนสและฮอร์โมนคอร์ติซอลของแกะ (Table 3) ทำการขนส่งแกะไปยังโรงฆ่า จำนวน 55 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 29.0 ± 1.4 กิโลกรัม โดยการแบ่งกลุ่มแกะเป็น 2 กลุ่มบนรถบรรทุก โดยด้านหน้าจะขนส่งที่ระดับความหนาแน่น 0.20 ตารางเมตรต่อตัว และส่วนด้านขนส่งที่ระดับ 0.27 ตารางเมตรต่อตัว เก็บตัวอย่างเลือดก่อนขนและหลัง

ขนส่งทำเพื่อการตรวจวัดระดับกลูโคสในเลือด เอนไซม์แลคเตทไฮโดรจีเนสและฮอโมนคอร์ติซอล ผลการศึกษาพบว่า หลังการขนส่งสัตว์สู่โรงฆ่าแกะกลุ่มความหนาแน่น 0.20 ตารางเมตรต่อตัว มีระดับกลูโคสในเลือด เอนไซม์แลคเตทไฮโดรจีเนส และฮอโมนคอร์ติซอลมีค่าสูงกว่ากลุ่มความหนาแน่น 0.27 ตารางเมตรต่อตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) หลังกระบวนการขนส่งสัตว์สู่โรงฆ่า แต่ค่าโลหิตวิทยาไม่มีความแตกต่างกันก่อนการขนส่งสัตว์ ($P > 0.05$) ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า มีระดับกลูโคสความหนาแน่น 0.20 ตารางเมตรต่อตัวสูงกว่ากลุ่มความหนาแน่น 0.27 ตารางเมตรต่อตัว การเพิ่มสูงขึ้นของกลูโคส เป็นผลจากการเกิดกลูโคเนโอเจนิซิส (gluconeogenesis) ของฮอโมนคอร์ติซอลที่มาจากความเครียดของสัตว์ (Baxter, Forsham, 1972) ซึ่งระดับของกลูโคสจะมีระดับสูงขึ้นและสามารถมีความเข้มข้นที่สูงได้นานกว่าระดับฮอโมนคอร์ติซอล (Kainuma et al., 2009) ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ที่พบภาวะกลูโคสที่สูงกว่าปกติ ในขณะที่มีความเข้มข้นของฮอโมนคอร์ติซอลต่ำนั้นจึงสามารถพบได้การเกิดกลูโคเนโอเจนิซิส ที่เกิดขึ้นได้นาน

Table 4 Effect of transport stocking density on hematological values in lambs.

Parameters	stocking density (m ² /lamb)						Sig.
	On farm			After transport			
	0.30	0.20	0.16	0.30	0.20	0.16	
Glucose, mmol/L	4.77 ^{ab}	4.37 ^a	4.43 ^a	4.99 ^{ab,m}	5.60 ^{c,n}	5.34 ^{bc,mn}	***
LDH, UI/L	306.26 ^{ab}	314.00 ^{ab}	274.65 ^a	296.52 ^{a,m}	398.96 ^{b,n}	350.91 ^{ab,mn}	**
Cortisol, nmol/L	56.55	81.51	99.51	58.48	142.10	101.53	ns

^{a,b,c}: Values in the same row with different superscripts are significantly different. ^{m,n}: Values in the same row with different superscripts are significantly different. **Sig.**: Significance. ns: non-significant; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$.

Source: Cozar et al. (2016)

สอดคล้องกับ Cozar et al. (2016) ศึกษาผลของความหนาแน่นในการขนส่งต่อระดับเอนไซม์แลคเตทไฮโดรจีเนสและฮอโมนคอร์ติซอลของแกะ (Table 4) ทำการขนส่งแกะไปยังโรงฆ่า จำนวน 77 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 28.03 ± 0.05 กิโลกรัม โดยแบ่งกลุ่มความหนาแน่นในการขนส่ง 0.16, 0.20 และ 0.30 ตารางเมตรต่อตัว เก็บตัวอย่างเลือดก่อนขนและหลังขนส่งทำเพื่อการตรวจวัดระดับกลูโคส ระดับเอนไซม์แลคเตทไฮโดรจีเนส และฮอโมนคอร์ติซอล ผลการศึกษาพบว่า หลังการขนส่งกลุ่มความหนาแน่นที่ 0.20 ตารางเมตรต่อตัว มีระดับเอนไซม์แลคเตทไฮโดรจีเนสมีค่าสูงกว่ากลุ่มความหนาแน่นที่ 0.30 ตารางเมตรต่อตัว ($P < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มความหนาแน่นที่ 0.16 ตารางเมตรต่อตัว ($P > 0.05$) ความหนาแน่นในการขนส่ง 0.20 ตารางเมตรต่อตัว มีแนวโน้มระดับฮอโมนคอร์ติซอลสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่น ($P > 0.05$) เนื่องจากวิธีการขนส่งจะผลต่อสรีรวิทยาของความเครียดในสัตว์ทั้งในช่วงก่อนการเดินทาง และเมื่อถึงโรงงานชำแหละแตกต่างกัน โดยความเครียดก่อนการขนส่งเกิดจากการไล่ต้อน ความเครียดระหว่างการขนส่งเกิดจากการความร้อนจากการบรรทุก พื้นถนน เมื่อถึงโรงงานชำแหละเป็นผลจากความเครียดสะสม และจากการไล่ต้อนลงจากรถ (พงษ์ชาญ, 2553) การวัดระดับความเข้มข้นของคอร์ติซอลในเลือดถือเป็นวิธีวัดความเครียดที่ได้รับการยอมรับ โดยเมื่อสัตว์อยู่ในสภาวะเครียดร่างกายจะหลั่งฮอโมนคอร์ติซอล ซึ่งเป็นฮอโมนในกลุ่มสเตียรอยด์ที่สร้างและหลั่งจากต่อมหมวกไต ฮอโมนคอร์ติซอลมีหน้าที่สำคัญในการตอบสนองต่อความเครียด โดยคอร์ติซอลจะช่วยเพิ่มระดับกลูโคสในเลือด กระตุ้นการสลายไขมัน ระวังยับยั้งการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันทำให้ร่างกายของสัตว์อ่อนแอ (เพทาย, 2538)

Table 5 Effect of transport stocking density on hematological values in lambs.

Parameters	BST*	stocking density (m ² /lamb)			Sig.
		0.40	0.30	0.20	
Glucose, mg/dl	AT	92.62 ^{ab} ± 13.26	79.20 ^b ± 8.29	117.67 ^a ± 7.45	***
	E	69.23 ^b ± 8.11	98.95 ^a ± 5.31	84.60 ^b ± 4.78	**
LDH, U/L	AT	1004.46 ^b ± 66.57	1108.99 ^b ± 53.22	1322.57 ^a ± 50.60	***
	E	1330.71 ^a ± 89.73	1567.33 ^a ± 75.02	784.85 ^b ± 71.35	***
Cortisol, ng/ml	AT	54.68 ± 8.41	35.08 ± 8.49	37.23 ± 7.86	ns
	E	36.63 ^a ± 5.52	13.67 ^b ± 5.57	16.32 ^b ± 5.16	**

^{a, b}: Different letters in the same line show statistical differences between Long Duration Stocking Density groups.

*BST (Blood Sampling Time): AT: After Transport, E: Exsanguination.

Sig.: Significance. ns: non-significant; **P<0.01; ***P<0.001.

Source: Akin et al. (2018)

เช่นเดียวกับ Akin et al. (2018) ศึกษาความหนาแน่นการขนส่งแกะต่อระดับเอนไซม์แลคเตทดีไฮโดรจีเนสและฮอร์โมนคอร์ติซอลของแกะ (Table 5) ทำการขนส่งแกะไปยังโรงฆ่า จำนวน 47 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 29 กิโลกรัม โดยแบ่งเป็นความหนาแน่นในการขนส่งสู่โรงฆ่า 3 ระดับ คือ 0.40, 0.30 และ 0.20 ตารางเมตรต่อตัว ระยะเวลาขนส่งสู่โรงฆ่า 3 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่า หลังการขนส่งสัตว์สู่โรงฆ่า (AT) แกะที่มีความหนาแน่น 0.20 มีระดับกลูโคสและเอนไซม์แลคเตทดีไฮโดรจีเนสสูงกว่าความหนาแน่น 0.30 ตารางเมตรต่อตัว แต่มีระดับกลูโคสไม่แตกต่างกับความหนาแน่น 0.40 ตารางเมตรต่อตัว (P<0.05) แต่ระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เมื่อแกะถูกขนส่งสู่โรงฆ่าและเอาเลือดออก (E) พบว่า กลุ่มความหนาแน่น 0.20 ตารางเมตรต่อตัว มีระดับกลูโคสและเอนไซม์แลคเตทดีไฮโดรจีเนสต่ำกว่าความหนาแน่น 0.30 ตารางเมตรต่อตัว แต่มีระดับกลูโคสไม่แตกต่างกับความหนาแน่น 0.40 ตารางเมตรต่อตัว

การวัดระดับความเข้มข้นของคอร์ติซอลในเลือดถือเป็นวิธีวัดความเครียดที่ได้รับการยอมรับ โดยระดับคอร์ติซอลที่สูง เป็นดัชนีชี้วัดว่า สัตว์มีความเครียด หลังฮอร์โมนที่เรียกว่า Cortisol จะทำให้สัตว์มีความดันโลหิตสูงและหัวใจเต้นเร็ว สัตว์จะมีอาการตื่นตัว กล้ามเนื้อสั่น เกร็ง ผิวหนังแดงเป็นจ้ำมีอุณหภูมิร่างกายสูงซึ่งมีสาเหตุมาจากอุณหภูมิ ความหิว ความกระหาย ความกดดัน ได้รับบาดเจ็บจากการขนส่ง ฮอร์โมนเหล่านั้นสะสมในตัวสัตว์ทำให้เกิดความเครียด เป็นปัจจัยสำคัญที่จะส่งผลต่อคุณภาพเนื้อ (Kruger et al., 2016) ระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลหลังภาวะเอาเลือดออก พบว่า กลุ่มความหนาแน่น 0.40 ตารางเมตรต่อตัว มีระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลสูงกว่ากลุ่มความหนาแน่น 0.20 และ 0.30 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อสัตว์เกิดความเครียดร่างกายจะหลั่งฮอร์โมนคอร์ติซอล โดยฮอร์โมนคอร์ติซอลจะกระตุ้นการผลิตกลูโคส โดยสลายไกลโคเจนที่สะสมอยู่ภายในตับและกล้ามเนื้อ เอนไซม์แลคเตทดีไฮโดรจีเนสเป็นตัวกระตุ้นให้เปลี่ยนกรดแลคติก (Lactic acid) เป็นกรดไพรูวิก (Pyruvic acid) เพื่อผลิตกลูโคส ซึ่งเป็นกระบวนการเผาผลาญที่จำเป็นในการผลิตพลังงานให้เซลล์ และระดับเอนไซม์แลคเตทดีไฮโดรจีเนสในกระแสเลือดจะเพิ่มสูงขึ้น (Ekiz et al. 2012)

ผลของความหนาแน่นในการขนส่งต่อคุณภาพเนื้อแกะ

De la Fuente et al. (2010) ศึกษาผลของความหนาแน่นในการขนส่งต่อคุณภาพเนื้อ (Table 6) โดยขนส่งแกะเพศผู้ไปยังโรงฆ่า จำนวน 72 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 12-14 กิโลกรัม แบ่งตามระดับความหนาแน่นในการขนส่งสัตว์สู่โรงฆ่า คือ 0.12, 0.20 และ 0.25 ตารางเมตรต่อตัว ผลการศึกษาพบว่า ระดับความหนาแน่น

ในการขนส่งไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ความสามารถในการอุ้มน้ำ ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ และค่าสีของเนื้อ แกะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สอดคล้องกับ Teke et al. (2014) ศึกษาผลของความหนาแน่นในการขนส่งไม่มีผลต่อคุณภาพเนื้อของแกะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แสดงดัง Table 7

Table 6 Effect of transport stocking density on meat quality in lambs.

Parameters	stocking density (m^2/lamb)			S.E.	Sig.
	0.25	0.20	0.12		
pH _{45 m.}	6.56	6.52	6.52	0.18	Ns
pH _{24 h.}	5.53	5.60	5.47	0.19	Ns
WHC					
Pressure Loss (%)	39.50	39.62	39.49	3.09	Ns
Cooking Loss (%)	27.18	26.79	26.92	2.32	Ns
Warner-Bratzler					
Shear Force (kg/cm^2)	6.41	6.58	6.77	1.71	Ns
Shear firmness (kg/cm^2)	1.11	1.17	1.17	0.22	Ns
<i>Colour parameters after 24 hour blooming</i>					
Lightness (L^*)	44.81	44.64	44.60	3.22	Ns
Redness (a^*)	2.06	2.27	2.37	2.18	Ns
Yellowness (b^*)	10.52	10.61	10.39	1.08	Ns

WHC: water holding capacity. S.E.: Standard error of the mean. Sig.: Significance. ns: non-significant

Source: De la Fuente et al. (2010)

Table 7 Effect of transport stocking density on meat quality in lambs.

Parameters	stocking density (m ² /lamb)				Sig.
	0.27		0.20		
	mean	S.E.	mean	S.E.	
pH _{45 m.}	6.26	0.05	6.34	0.08	Ns
pH _{24 h.}	5.56	0.01	5.55	0.01	Ns
WHC (%)	11.55	0.59	10.61	0.50	Ns
Cooking Loss (%)	28.32	0.57	28.17	0.44	Ns
WB Shear Force (kg)	4.51	0.31	4.19	0.41	Ns
<i>Colour parameters after 24 hour blooming</i>					
Lightness (L*)	39.01	0.48	37.55	0.57	Ns
Redness (a*)	16.08	0.55	16.69	0.30	Ns
Yellowness (b*)	4.67	0.46	4.96	0.34	Ns

WHC: water holding capacity. Sig.: Significance. ns: non-significant.

Source: Teke et al. (2014)

Akin et al. (2018) ทำการศึกษาความหนาแน่นในการขนส่งแกะต่อคุณภาพเนื้อ โดยใช้ความหนาแน่น 0.40, 0.30 และ 0.20 ตารางเมตรต่อตัว (Table 8) ผลด้านคุณภาพเนื้อพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างหลังฆ่าที่ 24 ชั่วโมง มีค่าความเป็นกรด-ด่าง มากกว่า 5.6 ซึ่งถือว่าเป็นลักษณะเนื้อ DFD ซึ่งการวัดค่าการสูญเสียจากการการเก็บรักษา การสูญเสียจากการปรุงสุกและค่าแรงตัดผ่านเนื้อ พบว่า แกะที่ขนส่งความหนาแน่น 0.20 และ 0.30 ตารางเมตรต่อตัว มีค่าการสูญเสียจากการเก็บรักษาและปรุงสุก และค่าแรงตัดผ่านเนื้อมากกว่าแกะที่ขนส่งความหนาแน่น 0.40 ตารางเมตรต่อตัว ส่วนค่าสีของเนื้อพบว่า เนื้อแกะที่ขนส่งความหนาแน่น 0.20 และ 0.30 ตารางเมตรต่อตัว มีค่าสีของเนื้อส่วนของ a* และ b* ต่ำกว่าเนื้อที่ 0.40 ตารางเมตรต่อตัว ซึ่งเป็นลักษณะของสีเนื้อคล้ำ แห้ง แข็งกระด้าง (DFD: Dark Firm Dry) เนื่องจากแกะเกิดความเครียดก่อนฆ่า ทำให้ร่างกายมีการเผาผลาญไกลโคเจนที่สะสมอยู่ทั้งในกล้ามเนื้อและตับ ระดับไกลโคเจนจะถูกใช้จนหมดหรือลดลง เมื่อแกะถูกฆ่าและเอาเลือดออกระดับไกลโคเจนที่เหลืออยู่จะเปลี่ยนเป็นกรดแลกติกน้อยลง ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อภายหลังจากการฆ่ามีค่าสูงขึ้นหรือมีภาวะเป็นด่าง นอกจากนี้เนื้อสัตว์ลักษณะ DFD ยังมีอายุการเก็บรักษาค่ำ เนื่องจากมีการสูญเสียน้ำน้อย จุลินทรีย์เจริญได้ดี เพราะค่า pH สูง ไม่มีกรดแลกติกซึ่งช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (สัญญา, 2550)

Table 8 Effect of transport stocking density on meat quality in lambs.

Parameters	stocking density (m ² /lamb)			Sig.
	0.40	0.30	0.20	
pH _{45 m.}	6.41 ^b ± 0.04	6.60 ^a ± 0.04	6.51 ^{ab} ± 0.04	**
pH _{24 h.}	5.50 ^b ± 0.02	5.72 ^a ± 0.02	5.76 ^a ± 0.01	***
Drip Loss (%)	2.28 ^b ± 0.32	2.34 ^b ± 0.14	3.43 ^a ± 0.27	**
Cooking Loss (%)	23.19 ^b ± 0.80	26.15 ^a ± 0.83	22.84 ^b ± 0.84	*
WB Shear Force (N)	26.18 ^b ± 1.96	41.58 ^a ± 2.94	37.26 ^a ± 2.94	***
<i>Colour parameters after 24 hour blooming</i>				
Lightness (L*)	41.77 ± 1.44	42.21 ± 0.60	40.40 ± 0.81	Ns
Redness (a*)	19.06 ^a ± 0.74	16.11 ^b ± 0.51	15.24 ^b ± 0.56	***
Yellowness (b*)	7.51 ^a ± 0.21	6.92 ^a ± 0.16	5.52 ^b ± 0.25	***

^{a, b, c}: Different letters in the same line show statistical differences between Long Duration Stocking Density groups.

Sig.: Significance. ns: non-significant; *P<0.05; **P<0.01; ***P<0.001.

Source: Akin et al. (2018)

สรุป

ความหนาแน่นในการขนส่งที่เหมาะสมสำหรับแกะที่มีน้ำหนัก 29 กิโลกรัม คือ 0.27-0.30 ตารางเมตรต่อตัว เนื่องจากมีผลต่อระดับน้ำตาลในเลือดและระดับเอนไซม์แลคเตทเดไฮโดรจีเนส ของแกะหลังกระบวนการขนส่งน้อยกว่าความหนาแน่นอื่น และฮอร์โมนคอร์ติซอลยังมีแนวโน้มต่ำกว่าความหนาแน่นอื่น อย่างไรก็ตามความหนาแน่นในการขนส่งไม่ส่งผลต่อคุณภาพ ทั้งนี้ในความหนาแน่นในการขนส่งสัตว์สู่โรงฆ่าควรคำนึงถึงน้ำหนักตัว รูปแบบการขนส่ง และระยะทางในการขนส่งด้วยร่วมด้วย โดยคำนึงถึงความเครียดและหลักสวัสดิภาพสัตว์ แต่ความหนาแน่นในการขนส่งไม่ส่งผลต่อคุณภาพเนื้อของแกะ

เอกสารอ้างอิง

- ปราโมทย์, แพ่งคำ . 2547. “เอกสารประกอบการสอนวิชาการผลิตแพะ-แกะ”. นครราชสีมา : คลังปัญญา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 140.
- เพทาย พงษ์เพียจันทร์. 2538. “สรีรวิทยาสัตว์เลี้ยง”. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่. 282.
- สัญญา จตุรสีธา. 2550. “การจัดการเนื้อสัตว์”. โรงพิมพ์มิ่งเมือง. เชียงใหม่. 4: 171
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. (2557). “การปฏิบัติที่ดีสำหรับโรงฆ่าแพะและแกะ”. กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ.
- Akin, P.D., A. Yilmaz and B. Ekiz. 2018. “Effects of stocking density on stress responses and meat quality characteristics of lambs transported for 45 minutes or 3 hours”. **Small Ruminant Research**. 169: 134-139.
- Cozar, A., A.I. Rodriguez, P. Garijo, L. Calvo and H. Vergara. 2016. “Effect of space allowance during transport and fasting or nonfasting during lairage on welfare indicators in Merino lambs”. **Spanish Journal of Agricultural Research**. 14(1): 2171-9292.
- De la Fuente, J., M. Sanchez, C. Perez, S. Lauzurica, C. Vieira, E. Gonzalez de Chavarri and M.T. Diaz. 2010. “Physiological response and carcass and meat quality of suckling lambs in relation to transport time and stocking density during transport by road”. **Animal**. 4:2, 250-258.
- Ekiz, B., E.E. Ekiz, O. Kocak, H. Yalcintan, A. Yilmaz. 2012. “Effect of pre-slaughter management regarding transportation and time in lairage on certain stress parameters, carcass and meat quality characteristics in Kivircik lambs”. **Meat Science**. 90: 967-976.
- Jasmer, R. 2018. Cortisol: Everything You Need to Know About the 'Stress Hormone'. Available:<https://www.everydayhealth.com/cortisol/guide/>. 23 December, 2020.
- Kruger, L.P., T.L. Nedambale, M.M. Scholtz and E.C. Webb. 2016. “The effect of environmental factors and husbandry practices on stress in goats.” **Small Rumin. Res**. 141: 1-4.
- Sanchez-Sanchez, M., C. Vieira-Aller, J. De-la-Fuente-Vazquez, C. Perez-Marcos, S. Lauzurica-Gomez, E. Gonzalez-de-Chavarri and M. T. Diaz-Diaz-Chiron. 2013. “Effect of season and stocking density during transport on carcass and meat quality of suckling lambs”. **Spanish Journal of Agricultural Research**. 11(2): 394-404.
- Scahaw. 2002. “The welfare of animals during transport (details for horses, pigs, sheep and cattle)”. **Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare**. European Commission, Health and Consumer Protection Directorate-General. Report adopted on 11 March, 2002. Available at: <http://1ab.in/DcZ>.
- Take, B., B. Ekiz, F. Akdag, M. Vgurlu, G. Ciffci and B. Senturk. 2014. “Effects of stocking density of lambs on biochemical stress parameters and meat quality related to commercial transportation”. **Annals of Animal Science**. 14(3): 611-621.