

ผลของการเสริม Condensed Tannins ในอาหารต่อการย่อยและสมดุลไนโตรเจนในแพะ
Effects of Condensed Tannins Supplemented Diets on Digestibility and Nitrogen-Balanced
in Goats

นิตยา คุณทอง

Nittaya Kunthong

ภาควิชาสัตวศาสตร์และประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทคัดย่อ

แทนนินควบแน่น (condensed tannins; CT) เป็นสารประกอบเคมีที่มีคุณสมบัติจับกับโปรตีนในกระเพาะรูเมน ส่งผลให้โปรตีนบางส่วนไม่ถูกย่อยสลายในรูเมนและผ่านไปยังย่อยต่อในกระเพาะจริง (abomasum) และลำไส้เล็ก (bypass protein) ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์โปรตีน อย่างไรก็ตาม ผลของการเสริม CT ยังมีความผันแปรขึ้นอยู่กับระดับและแหล่งที่มา สัมมนาจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษางานวิจัยจำนวน 4 ฉบับ ที่ตีพิมพ์ในช่วงปี ค.ศ. 2016-2024 เกี่ยวกับการเสริม CT จากแหล่งต่างๆ เช่น จากอาหารหมักมันสำปะหลังส่วนยอดและจากสารสกัด quebracho ซึ่งมีประสิทธิภาพการย่อยได้และสมดุลไนโตรเจนในแพะ จากการศึกษาพบว่า การเสริม CT ในแพะที่ระดับ 20-40 กรัมต่อกิโลกรัมของวัตถุดิบ (2-4%) ไม่ส่งผลกระทบต่ออย่างมีนัยสำคัญต่อการย่อยได้ของวัตถุดิบ (และโปรตีนหายาบ รวมถึงปริมาณไนโตรเจนโดยรวม ในทางตรงข้ามเมื่อเสริม CT ในระดับสูง (มากกว่า 4% ของวัตถุดิบ) จะลดค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบและโปรตีนหายาบอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากไปยับยั้งเอนไซม์ย่อยโปรตีนในกระเพาะจริง (abomasum) และลำไส้เล็ก ดังนั้นระดับการเสริม CT ที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 2-4% ของวัตถุดิบ มีศักยภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน และส่งผลกระทบต่อค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบและโปรตีนหายาบในเชิงลบน้อยที่สุด

คำสำคัญ: Condensed Tannin แพะ การย่อยได้ สมดุลไนโตรเจน

บทนำ

แพะ (goat) เป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็กในตระกูล Caprinae เป็นสัตว์ที่มีพฤติกรรมการเล็มกินใบไม้และหญ้าเป็นอาหาร และสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่หลากหลายได้ดี แพะมีบทบาทสำคัญต่อระบบเกษตรกรรมและวิถีชีวิตของเกษตรกร ทั้งในด้านการผลิตเนื้อ นม และมูลสัตว์ ซึ่งส่งผลต่อเศรษฐกิจครัวเรือนและการเกษตรอย่างยั่งยืน (Solaiman, 2010) ในด้านโภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง อาศัยการทำงานร่วมกันของจุลินทรีย์กระเพาะรูเมนมีจุลินทรีย์ทั้งโปรคาริโอต (prokaryotic) และยูคาริโอต (eukaryotic) หลากหลายชนิด ซึ่งช่วยให้สัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถใช้ประโยชน์จากลิกโนเซลลูโลส (ligno-cellulose) และเปลี่ยนไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนให้เป็นโปรตีนจากจุลินทรีย์ เพื่อให้ได้พลังงานและกรดอะมิโนไปใช้ประโยชน์ในตัวสัตว์ อย่างไรก็ตาม กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนตามธรรมชาติก็อาจมีผลเสียตามมาได้เช่นกัน เช่น การปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวมไปถึงประสิทธิภาพการใช้โปรตีนที่ลดลง ทั้งยังพบไนโตรเจนที่ขับออกมามากเกินไปในมูลสัตว์ จากการศึกษาของ Besharati et al. (2022) ได้รายงานว่าแทนนินควบแน่น (condensed tannins; CT) มีความสามารถในการจับกับโปรตีนภายใต้สภาพ pH 5.8-7.0 ของรูเมน ทำให้โปรตีนถูกย่อยสลายน้อยลงโดยจุลินทรีย์ และเกิดกระบวนการที่เรียกว่า (By pass protein) ผ่านกระเพาะรูเมนไปยังเรติคูลัม (reticulum) และโอม่าซั่ม (omasum) ก่อนเข้าสู่กระเพาะจริง (abomasum) และเข้าสู่ลำไส้เล็กที่มี pH ประมาณ 7.2-8.0 ส่งผลให้การย่อยและดูดซึมโปรตีนในลำไส้เล็กเพิ่มขึ้น การเสริม CT ในระดับที่เหมาะสมจึงสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน ลดการขับถ่ายไนโตรเจนทางปัสสาวะ และปรับปรุงการใช้ประโยชน์ของโภชนะในสัตว์เคี้ยวเอื้อง อย่างไรก็ตาม CT ในระดับสูงทำหน้าที่เป็นสารต้านโภชนะที่ผ่านกลไกการจับกับโภชนะและเอนไซม์ย่อยอาหาร ส่งผลให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่มีความคงตัวสูงและย่อยได้ยาก ส่งผลให้ประสิทธิภาพการย่อยและการย่อยได้ของโปรตีนในกระเพาะรูเมน ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าของการเสริม CT ต่อการย่อยได้และสมดุลไนโตรเจนในแพะ จึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาแนวทางโภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้องที่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นสัมมนาจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษางานวิจัยทั้ง 4 ฉบับ การเสริม condensed tannins ต่อการย่อยได้ของสารอาหารและสมดุลไนโตรเจนในแพะ

ผลการเสริม Condensed Tannins ต่อ การย่อยได้ในแพะ

จากการศึกษางานวิจัยของ Nascimento et al. (2021), Battelli et al. (2024) และ Al-Kindi et al. (2016) สามารถวิจารณ์ประเด็นสำคัญที่สอดคล้องกันเกี่ยวกับผลของการเสริมแทนนินควบแน่น (Condensed Tannins; CT) ในอาหารแพะได้ดังนี้

วัตถุประสงค์ (Dry Matter Digestibility : DM)

ในการศึกษาของ Nascimento et al. (2021) ซึ่งใช้แทนนินจากอาหารหมักส่วนยอดมันสำปะหลัง (silage of the upper third of cassava; SUTC) ที่ระดับ 0, 25, 50 และ 75 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุดิบ พบว่า การเสริมในระดับ 25 และ 50 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุดิบ ไม่ส่งผลกระทบต่อค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แม้ว่าจะพบแนวโน้มลดลงเมื่อระดับเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะที่ระดับ 75 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุดิบ (Table 1.) ในทางตรงกันข้าม Battelli et al. (2024) รายงานว่า การเสริม quebracho condensed tannins ที่ระดับ 2, 4 และ 6%

ของวัตถุแห้ง ส่งผลให้ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) และมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับระดับการเสริม เมื่อระดับ CT เพิ่มขึ้น ค่าการย่อยได้ลดลงอย่างต่อเนื่อง สะท้อนให้เห็นว่าแทนนินสกัดบริสุทธิ์จาก quebracho มีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนได้ (Table 2.) ผลการศึกษาของ Al-Kindi et al. (2016) สอดคล้องกับแนวโน้มดังกล่าว โดยพบว่าการเสริม quebracho tannin extract ที่ระดับ 4% ทำให้ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (Table 3.) จากการศึกษาทั้ง 3 งาน พบว่า ระดับการเสริม condensed tannins (CT) ที่เหมาะสมต่อการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โดย Nascimento et al. (2021) พบว่า การเสริม CT ที่ระดับ 25–50 กรัมต่อกิโลกรัมของวัตถุแห้ง เป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุด ไม่ส่งผลกระทบต่อค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง ขณะที่ระดับสูงกว่านี้เริ่มทำให้การย่อยได้ลดลง (Table 1.) ในทางตรงกันข้าม Battelli et al. (2024) และ Al-Kindi et al. (2016) พบว่า ระดับที่เหมาะสมที่สุดอยู่ที่ประมาณ 2% ของวัตถุแห้ง เนื่องจากเมื่อเพิ่มเป็น 4–6% จะทำให้การย่อยได้ของวัตถุแห้งลดลง ซึ่ง CT เป็นสารต้านโภชนาที่สามารถจับกับคาร์โบไฮเดรตเชิงโครงสร้างในรูเมน โดยดูดซับผ่านผนังรูเมนและนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานของร่างกาย ส่งผลให้กระบวนการหมักและการย่อยสลายเยื่อใยลดลง ดังนั้น การเสริมในระดับต่ำจึงอาจไม่กระทบต่อการย่อยได้มาก แต่เมื่อระดับสูงเกิน 4–6% จะเริ่มรบกวนการทำงานของจุลินทรีย์และทำให้ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งลดลงอย่างชัดเจน (Table 2.) และ (Table 3.)

โปรตีนหยาบ (Crude Protein Digestibility: CP)

การศึกษาของ Nascimento et al. (2021) รายงานว่า การเสริม condensed tannins ในอาหารหมักมันสำปะหลังส่วนยอด ส่งผลให้ค่าการย่อยได้ของโปรตีนหยาบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P = 0.023$) โดยเฉพาะเมื่อเสริม CT ในระดับสูงในระดับ 75 กรัมต่อกิโลกรัมของวัตถุแห้ง ซึ่ง CT สามารถจับกับโปรตีนภายใต้สภาพแวดล้อมของกระเพาะรูเมน ส่งผลให้โปรตีนถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ลดลง (Table 1.) ในทางตรงกันข้าม Battelli et al. (2024) พบว่า การเสริม quebracho condensed tannins ในระดับ 2, 4 และ 6% ของวัตถุแห้ง ส่งผลให้ค่าการย่อยได้ของโปรตีนหยาบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) และมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับระดับการเสริม CT ในระดับที่สูง จะเกิดการจับตัวระหว่างแทนนินกับโปรตีน ส่งผลให้โปรตีนถูกย่อยและดูดซึมได้น้อยลง ซึ่งอาจลดการใช้ประโยชน์โปรตีนโดยรวมของสัตว์ (Table 2.) นอกจากนี้ Al-Kindi et al. (2016) การเสริม Quebracho Tannin Extract: QTE โดยเฉพาะที่ระดับ 4% QTE ขึ้นไปส่งผลให้ค่าการย่อยได้ของโปรตีนหยาบลดลงสำหรับการย่อยได้ของโปรตีนหยาบ (Table 3.) การศึกษาทั้ง 3 งาน โดย Nascimento et al. (2021) การเสริมในระดับที่ 25–50 กรัมต่อกิโลกรัมของวัตถุแห้ง เป็นช่วงที่เหมาะสม เนื่องจากช่วยลดการสลายโปรตีนอย่างรวดเร็วในรูเมน ทำให้มีโปรตีนบางส่วนไปย่อยและดูดซึมที่ลำไส้เล็กในรูปของ rumen undegradable protein (RUP) อย่างไรก็ตาม เมื่อเพิ่มระดับสูงกว่านี้ การย่อยได้ของ CP จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (Table 1.) สอดคล้องกับ Battelli et al. (2024) และ Al-Kindi et al. (2016) ที่พบว่า ระดับประมาณ 2% ของวัตถุแห้ง (2% QTE) เป็นระดับที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากไม่ลดค่าการย่อยของโปรตีนหยาบ ขณะที่ระดับ 4–6% ทำให้การย่อยได้ของโปรตีนลดลงชัดเจนในเชิงเส้น ส่งผลให้การใช้ประโยชน์โปรตีนโดยรวมลดลง (Table 2.) และ (Table 3.)

Table 1. Effect of condensed tannins supplemented diets on digestibility coefficients and nitrogen balance in dairy goats fed cassava silage with condensed tannins.

Variable	SUTC ¹ with condensed tannins (g/kg DM)				SEM	P-value ²		
	0	25	50	75		Linea	Quadratic	0xSUTC ³
Digestibility (g/kg)								
DM	644	641	643	597	8.93	0.072	0.209	0.254
CP	705	688	685	637	9.40	0.023	0.238	0.024

¹ SUTC . Silage of the upper third of the cassava.

² Significant at P < 0.05 and were considered to be trends when (P > 0.05;P < 0.10)

³ Contrast between 0 g/kg (control) and diets with SUTC with Condensed tannins (25; 50 or 75 g/kg DM)

Source: Nascimento et al. (2021)

Table 2. Effect of condensed tannins supplemented diets on dry matter intake, fecal excretion, and digestibility of the experimental diets

Variable	Diet ¹				SEM	P-value ²		
	0%	2%	4%	6%		T	Lin	Quadr
Digestibility (%)								
DM	68.9 ^a	66.4 ^b	65.5 ^b	61.5 ^c	0.847	<0.001	<0.001	0.149
CP	63.6 ^a	57.7 ^b	56.7 ^b	50.2 ^c	1.47	<0.001	<0.001	0.797

^{a-c}Mean values in the same row with different superscripts differ (P < 0.05).

¹Diets with different levels of quebracho condensed tannin (CT) extract: CON = no CT extract;

Q2 = 2% CT extract on DM basis; Q4 = 4% CT extract; Q6 = 6% CT extract.

²P-value of: T = treatment; Lin = linear effect of CT inclusion; Quadr = quadratic effect of CT inclusion.

Source: Battelli et al. (2024)

Table 3. Effect of condensed tannins supplemented diets on average chemical composition of the feed ingested and of the in vivo digestibility (g/kg) of diet constituents ingots

Variable	Treatment						SEM	value
	CON	QTE2	QTE4	AC1.5	AC3.0	QTEAC		
Digestibility								
DM (g/kg)	840 ^a	815 ^b	787 ^c	837 ^a	840 ^a	815 ^b	4.3	0.001
CP (g/kg)	778 ^a	738 ^b	686 ^c	845 ^b	787 ^a	741 ^B	9.1	0.001

Treatments: QTE2: 2% Quebracho tannin extract in diet; QTE4: 4% QTE in diet; AC1.5: 1.5% activated charcoal in diet; AC3.0: 3% AC in diet; QTEAC: 2% QTE and 1.5% AC in diet; ADFom: acid detergent fibre expressed exclusive residual ash; C: carbon; CP: crude protein; N nitrogen **Source:** Al-Kindi et al. (2016)

การสมดุลไนโตรเจน (Nitrogen Balance)

จากการศึกษาของ Battelli et al. (2024), Nascimento et al. (2021) และ Silva et al. (2021) สามารถจำแนกประเด็นการเปรียบเทียบผลของการเสริมแทนนินควบแน่นได้เป็น 3 ประเด็นหลัก ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ ปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางมูล และปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางปัสสาวะ

ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ (Nitrogen intake)

การศึกษาของ Nascimento et al. (2021) รายงานว่า การเสริมแทนนินควบแน่น (condensed tannins; CT) จากอาหารหมักมันสำปะหลังส่วนยอด ในระดับ 0, 25, 50 และ 75 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุดิบ ไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณไนโตรเจนที่แพะได้รับ (nitrogen intake) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยค่าปริมาณไนโตรเจนที่กินเข้าไปอยู่ในช่วงใกล้เคียงกันในทุกกลุ่มทดลอง แสดงให้เห็นว่าการเสริม CT ในระดับดังกล่าวไม่ส่งผลกระทบต่อการกินอาหารหรือการได้รับโปรตีนโดยรวมของแพะ (Table 5.) สอดคล้องกับการศึกษาของ Battelli et al. (2024) ซึ่งรายงานว่าการเสริมแทนนินควบแน่นจาก quebracho ในระดับ 2, 4 และ 6% ไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณไนโตรเจนที่แพะได้รับและไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แสดงให้เห็นว่าการเสริม CT ทุกระดับไม่ส่งผลกระทบต่อความอยากกินอาหารและไม่ลดการได้รับไนโตรเจนของแพะ (Table 4.) นอกจากนี้ Silva et al. (2021) รายงานว่า ปริมาณไนโตรเจนที่แพะได้รับในกลุ่มที่ไม่เสริมแทนนินและกลุ่มที่เสริมแทนนินมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 56.7 และ 53.9 กรัมต่อวัน ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากผลของอาหาร ($P = 0.410$) แสดงให้เห็นว่าการเสริมแทนนินในระดับที่ใช้ในการศึกษานี้ ไม่ส่งผลกระทบต่อการกินอาหารหรือการได้รับไนโตรเจนโดยรวมของแพะ (Table 6.) จากการพิจารณาผลการศึกษาของ Nascimento et al. (2021), Battelli et al. (2024) และ Silva et al. (2021) พบว่าการเสริม condensed tannins (CT) ในระดับที่ใช้ในการทดลอง ไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณไนโตรเจนที่สัตว์ได้รับ โดยการเสริมในระดับ 25–50 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุดิบแห้ง ตามรายงานของ Nascimento et al. (2021) และการเสริมในระดับ 2–6% ของวัตถุดิบแห้ง และงานวิจัยของ Battelli et al. (2024) ให้ค่าไนโตรเจนที่ได้รับไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ($P > 0.05$) ภายใต้สภาพ pH ของกระเพาะรูเมน (ประมาณ 5.8–7.0) ทำให้โปรตีนบางส่วนถูกป้องกันจากการย่อยสลายอย่างรวดเร็วโดยจุลินทรีย์ในรูเมน แต่ยังไม่ถึงระดับที่ลดการการย่อยโปรตีนโดยรวมของสัตว์อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อโปรตีนจับกับแทนนินเชิงซ้อนเคลื่อนผ่านไปยังอะโบบมาซิมและลำไส้เล็ก ส่งผลให้โปรตีนกลับมาถูกย่อยและดูดซึมได้ตามปกติ จึงไม่ส่งผลให้ค่าปริมาณไนโตรเจนที่สัตว์ได้รับลดลง

ไนโตรเจนในมูล (Fecal nitrogen excretion)

จากการศึกษาของ Nascimento et al. (2021) พบว่า การเสริม condensed tannins ส่งผลให้การขับถ่ายไนโตรเจนทางมูลสัตว์ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อระดับการเสริม CT เพิ่มขึ้น โดยกลุ่มที่ได้รับ CT ระดับ 50 และ 75 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุดิบแห้ง ซึ่ง CT จะจับกับโปรตีนภายใต้สภาพแวดล้อมของกระเพาะรูเมน ทำให้โปรตีนบางส่วนไม่ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์และถูกขับออกทางมูล (Table 5.) ในทำนองเดียวกัน Battelli et al. (2024) พบว่า การขับไนโตรเจนทางมูลมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P = 0.010$) และแสดงแนวโน้มเชิงเส้นอย่าง

ชัดเจน (Linear $P = 0.001$) เมื่อเสริม CT ในระดับที่สูง การขับไนโตรเจนทางมูลเพิ่มขึ้นตามลำดับ จาก 18.4 เป็น 26.8 กรัมต่อวัน ซึ่งผลของ CT ทำให้โปรตีนไม่ถูกย่อยในกระเพาะหมัก และหากมีการจับทำให้มีความหนาแน่นสูง หรือไม่สามารถย่อยต่อในลำไส้เล็กได้ โปรตีนและไนโตรเจนส่วนหนึ่งจึงถูกขับออกทางมูลเพิ่มขึ้น (Table 4.) อย่างไรก็ตาม Silva et al. (2021) จากตารางพบว่า ปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางมูลในกลุ่มที่ไม่เสริมแทนนินและกลุ่มที่เสริมแทนนินมีค่าเท่ากัน คือ 4.66 กรัมต่อวัน และไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากผลของอาหาร ($P = 0.528$) (Table 6.) ผลการศึกษาทั้ง 3 โดยงานของ Battelli et al. (2024) รายงานอย่างชัดเจนว่าการเสริม CT ในระดับ 2, 4 และ 6% ของวัตถุดิบ ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนในมูลเพิ่มขึ้น และมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตามระดับการเสริม สะท้อนว่าการเพิ่มความเข้มข้นของ CT ทำให้ไนโตรเจนส่วนหนึ่งถูกเปลี่ยนเส้นทางการขับออก จากปัสสาวะไปสู่มูลมากขึ้น ซึ่งผลจากการลดการย่อยสลายโปรตีนในรูเมน (Table 4.) ในทำนองเดียวกัน Nascimento et al. (2021) พบว่า การเสริม CT ในระดับสูง CT จะจับกับโปรตีนในรูเมนและลดการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ส่งผลให้การสร้างแอมโมเนียและยูเรียลดลง จึงเปลี่ยนสัดส่วนการขับไนโตรเจนจากปัสสาวะไปสู่มูลมากขึ้น โดยไม่กระทบต่อสมดุลไนโตรเจนรวม (Table 5.) อย่างไรก็ตาม Silva et al. (2021) ไม่พบความแตกต่างของปริมาณไนโตรเจนในมูลระหว่างกลุ่มที่ได้รับและไม่ได้รับแทนนิน (Table 6.)

ขับถ่ายไนโตรเจนทางปัสสาวะ (Urinary nitrogen excretion)

การศึกษาของ Battelli et al. (2024) พบว่า การเสริม quebracho condensed tannins ในระดับ 2, 4 และ 6% ของวัตถุดิบ ส่งผลให้การขับถ่ายไนโตรเจนทางปัสสาวะ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม จะเห็นว่า CT จะลดการสูญเสียไนโตรเจนในรูปของยูเรีย ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดแอมโมเนียและก๊าซเรือนกระจกในระบบการเลี้ยงสัตว์ (Table 4.) อย่างไรก็ตาม การศึกษาของ Nascimento et al. (2021) รายงานว่า CT ช่วยลดการย่อยสลายโปรตีนในรูเมน ส่งผลให้เกิดแอมโมเนียและการขับถ่ายไนโตรเจนทางปัสสาวะลดลง แต่ผลการทดลองครั้งนี้ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ระหว่างทุกระดับการเสริม โดยค่าการขับถ่ายยังคงใกล้เคียงกันที่ประมาณ 23.5–24.8 กรัมต่อวัน ซึ่งระดับหรือชนิดของแทนนินที่ใช้ยังไม่เพียงพอที่จะลดการสลายโปรตีนในรูเมน ทำให้ไนโตรเจนยังถูกดูดซึมและขับออกในรูปยูเรียตามปกติ (Table 5.) นอกจากนี้ การศึกษาของ Silva et al. (2021) จากข้อมูลในตาราง พบว่า ปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางปัสสาวะของแพะที่ไม่เสริมแทนนินและเสริมแทนนิน โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P = 0.646$) จากการศึกษาพบว่า ปัจจัยด้านพันธุกรรม (Genetic group) มีอิทธิพลอย่างมากต่อการจัดการไนโตรเจนในร่างกาย โดยเฉพาะพันธุ์ Saaben ที่มีอัตราการกินและการขับออกทางปัสสาวะสูงกว่ากลุ่มอื่น อย่างไรก็ตาม การเสริม CT ไม่ส่งผลเสียต่อสมดุลไนโตรเจนในแพะทุกกลุ่ม (Table 6.) จากผลการศึกษาทั้ง 3 โดย งานของ Battelli et al. (2024) ที่เสริมในระดับ 2, 4 และ 6% ให้ผลชัดเจนว่าการเสริม CT สามารถลดปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยแทนนินจะจับกับโปรตีนในอาหารเกิดเป็นโครงสร้างเชิงซ้อน มีความเสถียรในสภาวะ pH (ประมาณ 5.8–7.0) ในด้านโภชนาการเมื่อโปรตีนช่วยการย่อยสลาย โดยจุลินทรีย์ในรูเมนจะเปลี่ยนโปรตีนเป็นแอมโมเนียได้ลดลง (Table 4.) ขณะที่ Nascimento et al. (2021) และ Silva et al. (2021) ในระดับกลุ่มที่เสริมและไม่เสริมแทนนิน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (Table 5.) และ (Table 6.)

Table 4. Effect of condensed tannins supplemented diets Urine excretion and N balance of the lactating dairy goats

Variable	Diet ¹				SEM	P-value ²		
	0%	2%	4%	6%		T	Lin	Quadr
N intake (NI, g/d)	50.3	52.0	56.4	52.7	3.93	0.225	0.282	0.225
Fecal N excretion (g/d)	18.4 ^c	21.9 ^b	24.2 ^{ab}	26.8 ^a	2.03	0.010	0.001	0.609
Urinary N excretion (g/d)	17.7 ^a	16.9 ^{ab}	15.0 ^b	11.1 ^c	1.02	0.002	<0.001	0.085

^{a-c}Mean values in the same row with different superscripts differ (P < 0.05).

¹Diets with different levels of quebracho condensed tannin (CT) extract: CON = no CT extract; Q2 = 2% CT extract on DM basis; Q4 = 4% CT extract; Q6 = 6% CT extract. ²P-value of: T = treatment; Lin = linear effect of CT inclusion; Quadr = quadratic effect of CT inclusion.

Source: Battelli et al. (2024)

Table 5. Effect of condensed tannins supplemented diets nitrogen balance in dairy goats fed cassava silage with condensed tannins

Variable	SUTC ¹ with condensed tannins (g/kg DM)					SEM	P-value ²		
	0	25	50	75	Linea		Quadratic	0xSUTC ³	
N intake (NI, g/d)	41.6	49.6	46.4	48.6	1.38	0.712	0.544	0.032	
Fecal N excretion (g/d)	12.3	15.6	14.8	17.6	0.60	0.014	0.783	0.028	
Urinary N (g/d)	23.9	24.8	23.5	23.8	0.90	0.272	0.587	0.639	

¹ SUTC . Silage of the upper third of the cassava.

² Significant at P < 0.05 and were considered to be trends when P > 0.05 < 0.10

³ Contrast between 0 g/kg (control) and diets with SUTC with Condensed tannins (25; 50 or 75 g/kg DM)

Source: Nascimento et al. (2021)

Table 6. Effect of condensed tannins supplemented diets nitrogen balance of goats from different genetic groups receiving diets with and without tannin.

variable	Genetic group				Diets			P value		
	Rep	Can	Sa	SEM	Without T	With T	SEM	G	D	GxD
Ingested N (g/d)	47.5 ^B	48.5 ^B	68.2 ^A	4.31	56.7	53.9	3.26	0.001	0.410	0.159
Feces N (g/d)	4.37	4.47	4.35	0.40	4.66	4.66	0.23	0.732	0.528	0.15
Urine N (g/d)	28.3 ^B	25.3 ^B	42.8 ^A	6.12	33.9	31.7	3.85	0.016	0.646	0.19

SEM = Standard error of the mean; G = Genetic group effect; D =Diet effect; GxD = Interaction effect between genetic group and diet; Means followed by capital letters represent a significant difference between genetic groups; Significant at the 5% probability level. Rep = Repartida; Can = Caninde'; Sa = Saaben; T = Tannin

Source: Silva et al. (2021)

สรุปผล

จากการศึกษาทั้ง 4 ฉบับ พบว่า การเสริม CT ในระดับต่ำถึงปานกลาง ที่ระดับ 20-40 กรัมต่อกิโลกรัมของ วัตถุดิบ (2-4%) ไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ไนโตรเจนและช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในทางตรงกันข้าม เมื่อเสริม CT ในระดับสูงกว่า 4% ของวัตถุดิบ พบว่าค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบและโปรตีนหยาบลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแทนนินกับโปรตีนที่มีความคงตัวสูง ส่งผลให้การย่อยสลายในกระเพาะรูเมน กระเพาะจริง และลำไส้เล็กลดลง ดังนั้น การใช้ condensed tannins ในอาหารแพะควรกำหนดระดับการเสริมที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ประโยชน์ด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน และหลีกเลี่ยงผลกระทบต่อการใช้ของสารอาหาร ช่วยให้ง่ายต่อการจัดการโภชนาการสัตว์เคี้ยวเอื้องที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืนมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- Al-Kindi, A., Schiborra, A., Buerkert, A., and Schlecht, E. 2016. "Effects of quebracho tannin extract and activated charcoal on nutrient digestibility, digesta passage and faeces composition in goats". *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 100(4): 653–664.
- Battelli, M., Colombini, S., Crovetto, G. M., Galassi, G., Abeni, F., Petrera, F., Manfredi, M. T., and Rapetti, L. 2024. "Condensed tannins fed to dairy goats: Effects on digestibility, milk production, blood parameters, methane emission, and energy and nitrogen balances". *Journal of Dairy Science*. 107(6): 3614-3630. <https://doi.org/10.3168/jds>.
- Esharati, M., Maggiolino, A., Palangi, V., Kaya, A., Jabbar, M., Eseceli, H., De Palo, P., and Lorenzo, J. M. 2022. "Tannin in ruminant nutrition". *Review. Molecules*. 27(23): 2022-8273. <https://doi.org/10.3390/molecules27238273>.
- Newbold, C. J., & Ramos-Morales, E. 2020. "Ruminal microbiome and microbial metabolome: Effects of diet and ruminant host". *Animal*. 14(S1): S78–S86. <https://doi.org/10.1017/S1751731119003252>.
- Nascimento, T. V. C., Oliveira, R. L., Menezes, D. R., de Lucena, A. R. F., Queiroz, M. A. Á., Lima, A. G. V. O., Ribeiro, R. D. X., and Bezerra, L. R. 2021. "Effects of condensed tannin-amended cassava silage blend diets on feeding behavior, digestibility, nitrogen balance, milk yield and milk composition in dairy goats". *Animal*. 15: 2021-100015.
- Silva, A. P. R., Sant'ana, A. S., Nascimento, S. P. O., Barbosa, S. N., Miranda, A. L. A., Luna, F. S., Gois, G. C., Moraes, S. A., Rodrigues, R. T. S., and Menezes, D. R. 2021. "Tannins in the diet for lactating goats from different genetic groups in the Brazilian semiarid: Nitrogen, energy and water balance". *Animal Feed Science and Technology*. 279: 2021-115023.

