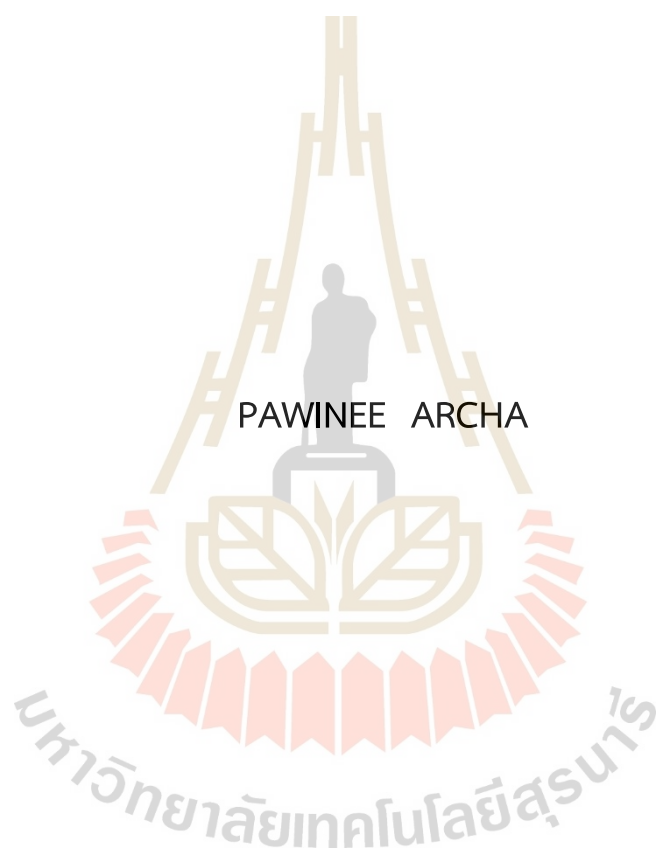


การใช้ประโยชน์จากใบรวมก้านกัญชา (*Cannabis sativa* L.)
ในอาหารแพะนม



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางสัตว์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2566

UTILIZATION OF CANNABIS FOLIAGE (*CANNABIS SATIVA* L.) IN DAIRY
GOAT DIETS



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Science in Animal Technology and Innovation
Suranaree University of Technology
Academic Year 2023

การใช้ประโยชน์จากใบรวมกัญชา (*Cannabis sativa* L.) ในอาหารแพะนม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นักศึกษานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



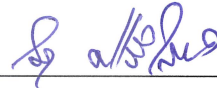
(ผศ. ดร. เฉลิมพล เยื้องกลาง)

ประธานกรรมการ



(รศ. ดร. ปราโมทย์ แพงคำ)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)



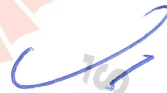
(ผศ. ดร. สุปรีณา ศรีไสคำ)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม)



(ผศ. นสพ. ดร. ภาคนิจ คุปพิทยานันท์)

กรรมการ



(รศ. ดร. อมรรรัตน์ โมฬี)

กรรมการ



(ผศ. ดร. พิพัฒน์ เหลืองลาวีณย์)

กรรมการ



(รศ. ดร. ยุพาพร รักสกุลพิวัฒน์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและประกันคุณภาพ



(ศ. ดร. นิ่ง เตียอำรุง)

คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

ภาวิณี อาษา : การใช้ประโยชน์จากใบรวมกัญชา (*Cannabis sativa* L.) ในอาหารแพะนม (UTILIZATION OF CANNABIS FOLIAGE (*CANNABIS SATIVA* L.) IN DAIRY GOAT DIETS) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ แผงคำ, 76 หน้า.

คำสำคัญ: ใบรวมกัญชา (*Cannabis sativa* L.) การกินได้ การย่อยได้ กระบวนการหมักในกระเพาะหมัก การต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณและองค์ประกอบน้ำนม

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ศึกษาการใช้ประโยชน์จากใบรวมกัญชา (*Cannabis sativa* L.) ในสูตรอาหารผสมสำเร็จ (Total mixed ration; TMR) เลี้ยงแพะนม ต่อการกินได้ การย่อยได้ กระบวนการหมักในกระเพาะหมัก การต้านอนุมูลอิสระในเลือด ปริมาณและองค์ประกอบของน้ำนม และค่าเซลล์เม็ดเลือดขาว (Somatic cell count; SCC) ของแพะนม การทดลองใช้แพะนมที่อยู่ในระยะกลางของการให้นม (Mid-lactating) วางแผนการทดลองแบบ 4 x 4 Latin square โดยใช้แพะนม จำนวน 4 ตัว 4 ซ้ำ น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 53.0 ± 0.56 กิโลกรัม อายุ 1-2 ปี แพะนมทุกตัวจะได้รับอาหารทดลองอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) ครบทั้ง 4 สูตร ได้แก่ T1 = อาหารผสมสำเร็จ TMR กลุ่มควบคุม (DM basis) T2 = อาหารผสมสำเร็จ TMR ร่วมกับใบรวมกัญชา 10% (DM basis) T3 = อาหารผสมสำเร็จ TMR ร่วมกับใบรวมกัญชา 20% (DM basis) T4 = อาหารผสมสำเร็จ TMR ร่วมกับใบรวมกัญชา 30% (DM basis) ตามลำดับ แบ่งการให้อาหารและรีดนม 2 เวลา คือ เช้า 06.30 น. และ เย็น 16.30 น. ตลอดระยะเวลาการทดลอง 94 วัน

ผลการทดลองพบว่า แพะนมที่ได้รับอาหารทดลอง T2 มีการกินได้ของโภชนะวัตถุแห้ง (DM) สูงสุด และการกินได้ของสาร THC และ CBD (% w/w) มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (0.47 และ 0.44) ($P < 0.001$) เมื่อเปรียบเทียบกับแพะนมที่ได้รับอาหารทดลอง T1 T3 และ T4 การศึกษาการย่อยได้ พบว่า แพะนมมีการย่อยได้ของ DM และ ADF ลดลง ($P < 0.05$) ตามระดับของใบรวมกัญชาที่เพิ่มขึ้นในอาหาร TMR ในขณะที่ CP EE และ NDF ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) อย่างไรก็ตามแพะนมที่ได้รับอาหารทดลอง T2 มีความสามารถในการย่อยได้สูง ส่งผลให้มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวันสูงสุด ($P < 0.05$) มีค่ามากกว่าแพะนมที่ได้รับอาหารทดลอง T1 T3 และ T4

อย่างไรก็ตาม การใช้ใบรวมกัญชาในอาหาร TMR ทั้ง 4 สูตรไม่ส่งผลกระทบต่อค่า pH ในกระเพาะหมักแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ค่า BUN ในกระแสเลือด และความเข้มข้นของ VFA ณ เวลา 0 2 และ 4 ชั่วโมง ($P > 0.05$) เมื่อพิจารณากระบวนการต้านอนุมูลอิสระในเลือดแพะนม ณ เวลา 0 2 และ 4 ชั่วโมง พบว่า แพะนมที่ได้รับอาหารทดลอง T2 มีค่า ABTS และ DPPH สูงสุด ($P < 0.001$) ส่งผลให้มีค่า SCC ลดลงได้มากกว่าแพะที่ได้รับอาหารทดลอง T1 T3 และ T4 ใดๆ

ตามการใช้ใบรวมก้านกัญชาในอาหารทดลอง T3 และ T4 ผลให้ปริมาณน้ำนมลดลง ($P < 0.05$) แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบของน้ำนมแพะ ($P > 0.05$)



สาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางสัตว์
ปีการศึกษา 2566

ลายมือชื่อนักศึกษา ภาวิณี ๓๒๓

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ๒๒-๑๕๖

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ๒๒ ๑/๒๕๖๖

PAWINEE ARCHA : UTILIZATION OF CANNABIS FOLIAGE (*CANNABIS SATIVA L.*)
IN DAIRY GOAT DIETS. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. PRAMOTE
PAENKOUUM, Ph.D., 76 PP.

Keyword: Cannabis foliage (*Cannabis sativa L.*)/Feed intake/Digestibility/
Fermentation/Antioxidant activities/Milk yield and compositions

The objectives of this thesis were to investigate the effects of the utilization of cannabis foliage (*Cannabis sativa L.*) in a total mixed ration (TMR) diet on feed intake, digestibility, fermentation, blood antioxidant activities, milk yield, and compositions, and somatic cell count (SCC) of dairy goats. There were 4 (4 repeatedly) dairy goats in mid-lactating (body weight 50.0 ± 2.0 kg; 1 to 2 years old) as assigned in to 4x4 Latin square design. There were four treatments: T1 = TMR1 (control group) (DM basis), T2 = TMR2 cannabis foliage leaves at 10% (DM basis), T3 = TMR3 cannabis foliage leaves at 20% (DM basis), T4 = TMR4 cannabis foliage leaves at 30% (DM basis) respectively. All animals were fed a TMR diet *ad libitum* during 94 days of the experimental period. Feeding and milking were divided twice a day (6:30 a.m. and 4:30 p.m.).

The results indicated that dairy goats fed the T2 diet have the highest feed intake (DM) and the highest feed intake of THC and CBD (0.47 and 0.44% w/w) ($P < 0.001$), when compared to the experimental group (T1 T3 and T4). The apparent digestibility of DM and ADF decreased ($P < 0.05$) with increasing levels of cannabis foliage leaves in TMR. At the same time, the digestibility of CP, EE, and NDF showed no statistical difference ($P > 0.05$). However, dairy goats fed the T2 diet have the highest digestibility. Consequently, the average daily weight gain in dairy goats was the highest ($P < 0.05$) when compared to the experimental group (T1 T3, and T4). However, the inclusion of cannabis foliage leaves in TMR had no effect ($P > 0.05$) on pH, $\text{NH}_3\text{-N}$, BUN, and VFA (0, 2, and 4 h). Antioxidant processes

(% scavenging) in the blood of dairy goats were determined at 0, 2, and 4 hours. The results indicated that dairy goats fed the T2 diet had the highest leaves of ABTS and DPPH ($P < 0.001$), this was found at very low SCC values ($P < 0.001$) when compared to the experimental group (T1 T3 and T4). However, it was found that the use of

cannabis foliage leaves in T3 and T4 diets led to a decrease in milk yield ($P < 0.05$) but did not affect the composition of goat milk ($P > 0.05$).



School of Animal Technology and Innovation
Academic Year 2023

Student's Signature Pawinee Ascha

Advisor's Signature Pyanee Pan

Co-Advisor's Signature S. Suprasit

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ แพงคำ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุปรีณา ศรีใสคำ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัยจนเสร็จสิ้นสมบูรณ์ และผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร. ศิวพร แพงคำ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ เหลืองลาวัฒน์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาด้านวิชาการ ขอขอบคุณนักวิจัย ผู้ช่วยวิจัย และเพื่อนร่วมเรียนระดับปริญญาโท ที่คอยสนับสนุนและให้คำปรึกษาโดยตลอด

ขอขอบคุณโครงการให้ทุนการศึกษาแก่นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาที่คณาจารย์ได้รับทุนวิจัย จากแหล่งทุนภายนอก จากกองทุนสนับสนุนการวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ครั้งที่ 5 ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565

ขอขอบคุณงบประมาณทุนอุดหนุนโครงการวิจัยเพื่อทำวิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยผ่านทางสถาบันวิจัยและพัฒนา ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัย

ขอขอบคุณศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้รวมกันกัญชาเพื่อการวิจัย

และสุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ที่ให้ส่งเสริมทางการศึกษา เป็นอย่างดีตลอดมา และให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้าจนสำเร็จการศึกษา

ภาวิณี อาษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูป.....	ฎ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ฏ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.2 สมมติฐานของการวิจัย.....	4
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.4 ประโยชน์ของการวิจัย	4
1.5 คำจำกัดความ.....	5
2 ปรัชญาบรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 ความเป็นมาของพืชกัญชา.....	6
2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์พืชกัญชา.....	8
2.2.1 สายพันธุ์ของพืชกัญชา.....	11
2.3 โครงสร้างและคุณสมบัติทางเคมีของพืชกัญชา.....	14
2.3.1 เตลตา 9 -เททระไฮโดรแคนนาบินอล (Δ 9 -tetrahydrocannabinol หรือ Δ 9 -THC).....	15
2.3.2 แคนนาบิไดออล (Cannabidiol หรือ CBD)	16
2.4 กลไกและการดูดซึมสารออกฤทธิ์แคนนาบินอยด์.....	17
2.5 การใช้ผลิตภัณฑ์จากพืชกัญชาและกัญชงในอาหารสัตว์.....	23

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3	วิธีการดำเนินการวิจัย.....	29
3.1	การวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ (Bioactive) และการวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants) ของกัญชา.....	29
3.2	อาหารทดลอง.....	29
3.3	แผนการทดลอง.....	30
3.4	สัตว์ทดลอง.....	30
3.5	วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล	31
3.5.1	น้ำหนักตัว (Body weight)	31
3.5.2	ปริมาณการกินได้ (Feed intake)	31
3.5.3	ปริมาณน้ำนม (Milk yield) องค์ประกอบน้ำนม (Milk composition) และการวิเคราะห์จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนม (Somatic cell court; SCC)	31
3.5.4	การสุ่มเก็บตัวอย่างมูล (Feces).....	32
3.5.5	การสุ่มเก็บตัวอย่างปัสสาวะ (Urine).....	32
3.5.6	การศึกษาเกี่ยวกับของเหลวในกระเพาะหมัก และการวิเคราะห์กรดไขมันระเหยได้ (Volatile fatty acid)	32
3.5.7	การวิเคราะห์แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH ₃ -N) ในกระเพาะหมัก.....	33
3.5.8	การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในกระแสเลือด (Blood urea nitrogen; BUN).....	33
3.5.9	การวิเคราะห์ความสามารถต้านอนุมูลอิสระในกระแสเลือด	33
3.5.10	วิเคราะห์ข้อมูล	33
3.6	สถานที่วิจัย.....	34
3.7	ระยะเวลาการทดลอง.....	34
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผล.....	35
4.1	การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและสารต้านอนุมูลอิสระของใบรวมก้านกัญชา.....	35
4.2	การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและสารต้านอนุมูลอิสระของใบรวมก้านกัญชาในสูตรอาหารทดลอง.....	35

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3	ผลการศึกษาการใช้ใบรวมก้านกล้วยในอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตร ต่ออัตราการเจริญเติบโต การกินได้โภชนะและการกินได้สารแคนนาบินอยด์ ของแพะนมของแพะนม.....	38
4.4	ผลการศึกษาการใช้ใบรวมก้านกล้วยในอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตร ต่อความสามารถในการย่อยได้ของแพะนม.....	39
4.5	ผลการศึกษาการใช้ใบรวมก้านกล้วยในอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตร ต่อค่า pH ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะหมัก และค่าความเข้มข้น ยูเรียไนโตรเจนในกระแเลือด (BUN) ของแพะนม ณ เวลา 0 2 และ 4 ชั่วโมง	41
4.6	ผลการศึกษาการใช้ใบรวมก้านกล้วยในอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตร ต่อความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้จากกระเพาะหมักของแพะนม ณ เวลา 0 2 และ 4 ชั่วโมง	42
4.7	ผลการศึกษาการใช้ใบรวมก้านกล้วยในอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตร ต่อกระบวนการต้านอนุมูลอิสระในเลือดแพะนม ณ เวลา 0 2 และ 4 ชั่วโมง	43
4.8	ผลการศึกษาการใช้ใบรวมก้านกล้วยในอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตร ต่อปริมาณและองค์ประกอบทางเคมีน้ำนม.....	47
4.9	การอภิปรายผล	49
5	สรุปและข้อเสนอแนะ	54
5.1	สรุปผลการทดลอง.....	54
5.2	ข้อจำกัดของการวิจัย.....	54
5.3	การประยุกต์ผลการวิจัย	54
5.4	ข้อเสนอแนะ.....	55
	รายการอ้างอิง.....	56
	ภาคผนวก	
	ภาคผนวก ก. การเตรียมอาหารทดลอง	69
	ภาคผนวก ข. วิธีการทดลองทางห้องปฏิบัติการ.....	71
	การวิเคราะห์สารแคนนาบินอยด์	72
	การศึกษาและวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (VFA).....	73

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในน้ำนมแพะ และการศึกษาค่า SCC	74
ประวัติผู้เขียน.....	76



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	องค์ประกอบทางเคมีของพืชกัญชา (<i>Cannabis sativa</i>)9
2.2	การเปรียบเทียบความแตกต่างของพืชกัญชาและกัญชา (<i>Cannabis sativa</i> L.)..... 13
2.3	ความแตกต่างของสายพันธุ์พืชกัญชาเปรียบเทียบระหว่างสายพันธุ์ Sativa และ Indica.... 13
2.4	ผลิตภัณฑ์ยารักษาโรคที่ผลิตจากพืชกัญชาที่ได้รับอนุญาต 14
2.5	ระบบ ECS ต่อการทำงานของอวัยวะส่วนอื่น ๆ ในร่างกายมนุษย์..... 23
2.6	ผลการใช้ประโยชน์จากพืชกัญชาในสัตว์ปีกและสัตว์เคี้ยวเอื้อง 29
4.1	องค์ประกอบทางเคมีและสารต้านอนุมูลอิสระของไบรวมก้านกัญ35
4.2	องค์ประกอบทางเคมีของไบรวมก้านกัญในสูตรอาหารผสมสำเร็จ TMR และ สารต้านอนุมูลอิสระของไบรวมก้านกัญในสูตรอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร37
4.3	ผลของระดับการใช้ไบรวมก้านกัญชาในอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตร ต่ออัตราการเจริญเติบโต การกินได้โภชนะ และการกินได้สารแคนนาบินอยด์ของแพะนม ...40
4.4	ผลของระดับการใช้ไบรวมก้านกัญชาในอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตร ต่อความสามารถในการย่อยได้ของแพะนม41
4.5	ผลของระดับการใช้ไบรวมก้านกัญชาในอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตร ต่อปริมาณ แอมโนเนียไนโตรเจนในกระเพาะหมัก และค่าความเข้มข้นไนโตรเจนในกระแสเลือด ของแพะนม ณ เวลา 0, 2 และ 4 ชั่วโมง44
4.6	ผลของระดับการใช้ไบรวมก้านกัญชาในอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตร ต่อค่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้จากกระเพาะหมัก ณ เวลา 0, 2 และ 4 ชั่วโมง ..45
4.7	ผลของระดับการใช้ไบรวมก้านกัญชาในอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตร ต่อกระบวนการต้านอนุมูลอิสระในเลือดแพะนม ณ เวลา 0 2 และ 4 ชั่วโมง.....46
4.8	ผลของระดับการใช้ไบรวมก้านกัญชาในอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตร ต่อปริมาณ และองค์ประกอบทางเคมีน้ำนม และค่า SCC48

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ลักษณะใบของพืชกัญชา.....	10
2.2	ลักษณะลำต้นของพืชกัญชา.....	10
2.3	ช่อดอกเกสรตัวผู้.....	11
2.4	ช่อดอกเกสรตัวเมีย.....	11
2.5	Δ -9 เทตระไฮโดรแคนนาบินอล (THC).....	15
2.6	แคนนาบิไดออล (CBD).....	16
2.7	สารแคนนาบินอยด์ต่อการผลิต ROS.....	19
2.8	การเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพหลักของ THC.....	25
3.1	แผนระยะเวลาการทดลอง.....	30
ก.1	ผสมอาหารผสมสำเร็จ TMR.....	70
ก.2	ซึ่งอาหารผสมสำเร็จ TMR.....	70
ข.1	กรองตัวอย่างผ่านกระดาษกรอง No. 1.....	72
ข.2	การเก็บตัวอย่างน้ำมันแพะ.....	74
ข.3	วิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันแพะ ด้วยเครื่อง Funke Gerber 3510 Lactostar Fat.....	74

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ABTS	=	2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid)
ADF	=	Acid detergent fiber
ADL	=	Acid detergent lignin
BUN	=	Blood urea nitrogen
BW	=	Body weight
CB1	=	Cannabinoid receptor type 1
CB2	=	Cannabinoid receptor type 2
CBC	=	Cannabichromene
CBD	=	Cannabidiol
CBG	=	Cannabigerol
CBN	=	Cannabinol
CBDA	=	Cannabidiolic acid
CP	=	Crude protein
DAG lipase	=	Diacylglycerol lipase
DM	=	Dry matter
DMI	=	Dry matter intake
DPPH	=	2,2'- diphenyl picrylhydrazyl
EE	=	Ether extract
FCM	=	Fat-corrected milk
FRAP	=	Ferric reducing antioxidant power
NDF	=	Neutral detergent fiber
NH ₃ -N	=	Ammonia nitrogen
MAG lipase	=	Monoacylglycerol lipase
MPAK	=	Mitogen-activated protein kinase
ORAC	=	Oxygen radical absorbance capacity

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

TDN	=	Total digestible nutrients
THC	=	delta-9-tetrahydrocannabinol
THCA	=	Tetrahydrocannabinolic
TMR	=	Total mixed ration
VFA	=	Volatile fatty acid
SCC	=	Somatic cell count



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

กัญชา *Cannabis* (*Cannabis sativa* L.) เป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่งที่มีสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ คือ สารแคนนาบินอยด์ (Cannabinoids) ประกอบไปด้วยสาร เดลตา 9 -เตตระไฮโดรแคนนาบินอล delta-9 tetrahydrocannabinol (THC) และ แคนนาบิไดออล cannabidiol (CBD) พบได้ทุกส่วนของต้นกัญชา ได้แก่ ดอก ใบ ลำต้น และเมล็ด เป็นต้น (Grotenhermen, 2005) สารแคนนาบินอยด์เป็นสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพมากกว่าวิตามินซี เอ และอี (C, A และ E) (Dawidowicz et al., 2021) ซึ่งบ่งบอกถึงคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระที่มีศักยภาพความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ และสามารถยับยั้งการเกิดภาวะความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidative stress) ในร่างกายทำให้เกิดความรู้สึกอ่อนคลาย (Kopustinskiene et al., 2022) ลดอาการคลื่นไส้ อาเจียน กระตุ้นให้อยากอาหารและเป็นสารที่ช่วยลดอาการเจ็บปวด (Atakan, 2012)

หลักฐานทางเภสัชวิทยาเผยให้เห็นว่าสารแคนนาบินอยด์ ซึ่งมีศักยภาพเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สารต้านเชื้อแบคทีเรีย สารต้านมะเร็ง และสารต้านการอักเสบ มีประโยชน์ต่อการนำมาใช้เพื่อสุขภาพ นอกจากนี้สารประกอบในพืชยังมีรายงานการใช้งานในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องสำอางเกษตรกรรม เช่น เครื่องดื่ม ครีมบำรุง สบู่ และอาหารสัตว์ เป็นต้น (สถาบันกัญชาทางการแพทย์ สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข, 2565) กัญชาจึงมีศักยภาพสำหรับการใช้ทางชีวภาพและอุตสาหกรรมตลอดจนการใช้ยาแผนโบราณและยาอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม จำเป็นต้องมีการวิจัยเพิ่มเติมเพื่อทำความเข้าใจและสำรวจการใช้งานอย่างถ่องแท้ และคุณประโยชน์จากกัญชา (Fordjour, et al. 2023) โดยเฉพาะสารสำคัญจากกัญชา ได้แก่ สาร THC เป็นสารประกอบทางจิตที่ก่อให้เกิดผลทางระบบประสาท เช่น ทำให้เกิดการหลอนประสาทและเกิดการเสพติด ซึ่งมีความแตกต่างจากสาร CBD เป็นแคนนาบินอยด์ที่ไม่กระตุ้นทางประสาทได้รับความนิยมในด้านคุณค่าทางยาและเป็นอาหารเสริม (Atakan, 2012) ดังนั้นจึงมีการกำหนดความเข้มข้นของสารแคนนาบินอยด์จากพืชกัญชาและกัญชง เนื่องจากมีสารออกฤทธิ์ชนิดเดียวกัน และอยู่ในวงศ์ของ Cannabaceae มีชื่อสามัญเรียกหลายชื่อ เช่น cannabis, hemp, Indian hemp, ganja, marihuana และ marijuana (กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข, 2564) จึงกำหนดการใช้สารเฉพาะสาร THC โดยปฏิบัติตามหน่วยงานการบังคับใช้ยาเสพติดของสหรัฐอเมริกา (US Drug

Enforcement) อนุญาตให้เพาะปลูกเพื่อการใช้ทดลองโดยที่มีสาร THC ไม่เกิน 0.3% (W/W) ในขณะเดียวกัน สหภาพยุโรป (The European Union; EU) กำหนดให้สาร THC จำกัดการใช้ไว้ที่ 0.2% (W/W) (EFSA, 2011) ในทศวรรษที่ผ่านมาได้ปฏิรูปกฎระเบียบหลายประเทศทั่วโลกอนุญาตให้มีสาร THC มากกว่า 0.3% และสามารถทำฟาร์มกัญชาในระดับภาคอุตสาหกรรมได้อย่างถูกกฎหมาย (Gakhar et al., 2012) ทั้งนี้ประเทศไทยได้ประกาศราชกิจจานุเบกษา วันที่ 17 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562 โดยได้มีการแก้ไขพระราชบัญญัติยาเสพติดให้โทษฉบับใหม่ (ฉบับที่ 7) พ.ศ. 2562 เพื่อให้พืชกัญชาส่วนของ ลำต้น เส้นใย ราก และใบ สามารถนำมาใช้ในการวิจัยและพัฒนาเพื่อประโยชน์ทางการแพทย์หรือการวิจัยได้ (กรมแผนไทยและการแพทย์ทางเลือก, 2564)

การทบทวนวรรณกรรมข้างต้นกล่าวถึงเภสัชวิทยา การใช้ทางอุตสาหกรรม และการใช้กัญชาทางการแพทย์ ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาสุขภาพของมนุษย์ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ตระหนักและให้ความสำคัญกับการดูแลสุขภาพมากขึ้นเพื่อให้เกิดผลลัพธ์ทางด้านสุขภาพที่ดี จึงให้ความสำคัญกับผลิตภัณฑ์อาหารเสริม วิตามินเพื่อสุขภาพ การทานอาหารเป็นยา และยาสมุนไพรมากยิ่งขึ้น ซึ่งกัญชาพืชสมุนไพรทางเลือกหนึ่งสำหรับการนำมาใช้ประโยชน์ในด้านสุขภาพและยาทางการแพทย์ (Tanney et al., 2021) เนื่องจากสารแคนนาบินอยด์ที่พบในพืชกัญชาเกิดขึ้นตามธรรมชาติ (Braille et al., 2021) เมื่อสารเข้าสู่ร่างกายสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมจะออกฤทธิ์มีผลทำให้รู้สึกสบาย เพื่อการพักผ่อนหย่อนใจ ระวังอาการปวด และกระตุ้นความอยากอาหาร ควบคุมไปกับฤทธิ์ด้านการอาเจียนและด้านการอักเสบ (Rahman et al., 2019) นอกจากนี้ มีข้อมูลของการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้พืชกัญชา (By-products) ได้แก่ เมล็ด น้ำมัน กากเมล็ดจากการสกัดน้ำมันกัญชา เปลือก และใบ ถือเป็นทางเลือกใหม่สำหรับการใช้ผลพลอยได้จากกัญชาเป็นส่วนผสมอาหารและสารทางชีวภาพที่จะเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมอาหารสัตว์และเนื้อสัตว์ที่ได้รับความนิยมในด้านประโยชน์ที่อาจเกิดขึ้นในด้านโภชนาการและสุขภาพสัตว์ เช่น การใช้กากเมล็ดซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมัน อุดมไปด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นและไขมันที่ดีต่อสุขภาพรวมถึง กรดไขมันโอเมก้า 3 และโอเมก้า 6 ทำให้เป็นแหล่งโภชนาการที่ดีสำหรับปศุสัตว์ การรวมพืชที่มีสารแคนนาบินอยด์กับอาหารสัตว์สามารถนำไปสู่การได้รับอาหารที่อาจปรับปรุงสุขภาพและผลผลิตโดยรวมของสัตว์ อาจมีผลในเชิงบวกต่อการสืบพันธุ์ของสัตว์ เช่น ภาวะเจริญพันธุ์และการตั้งครรภ์ที่เหมาะสม (Muedi et al., 2024) พืชกัญชาอาจเป็นอีกหนึ่งอาหารสัตว์ทางเลือกใหม่เช่นเดียวกับพืชกัญชา สำหรับการปลูกเพื่อใช้เป็นแหล่งเยื่อใยที่จะรวมไว้ในอาหารสัตว์ได้ (Gakhar et al., 2012) เช่น สัตว์ปีก สุกร สัตว์เคี้ยวเอื้อง และปลา ซึ่งการใช้ประโยชน์จากพืชกัญชายังมีข้อจำกัดขึ้นอยู่กับชนิดสัตว์ที่ต้องพิจารณา (EFSA, 2011) เนื่องจากกัญชาเป็นแหล่งเยื่อใยที่เหมาะสมสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถใช้ประโยชน์จากเยื่อใยได้มากกว่าสัตว์กระเพาะเดี่ยว เช่น สัตว์ปีกอาจมีข้อจำกัดการใช้ประโยชน์เยื่อใย และสุกรอาจมีข้อจำกัดเกี่ยวกับกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (EFSA, 2011) พืชกัญชาจึงกลายเป็นอีกหนึ่งทางเลือกใหม่ที่มีความ

สนใจที่จะรวมไว้ในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง จากการใช้ประโยชน์ทางการแพทย์และอุตสาหกรรมที่หลากหลาย อย่างไรก็ตามมีการวิจัยค่อนข้างน้อยเกี่ยวกับกัญชาในการเป็นส่วนประกอบในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งกัญชามีสารทุติยภูมิหลายชนิดรวมถึงแคนนาบินอยด์อาจส่งผลกระทบต่อไมโครไบโอมในกระเพาะรูเมน (Rumen microbiome) และมีเทน (Methane) ในระหว่างการย่อยอาหาร (Vastolo et al., 2021) การรวมกัญชาไว้ในอัตราส่วนผสมสำเร็จ (Total mixed ration; TMR) เป็นทางเลือกที่ยังไม่ได้มีการสำรวจ แม้ว่าการศึกษาก่อนหน้านี้จะพิจารณาถึงผลกระทบของส่วนประกอบของกัญชาในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

การศึกษางานวิจัยของ Wagner et al., (2022) แสดงให้เห็นว่าสารแคนนาบินอยด์จาก ใบดอก และเมล็ด มีผลกระทบทำให้ปริมาณการกินได้ของสัตว์และผลผลิตน้ำนมของโคนมลดลง รวมถึงอัตราการเต้นของหัวใจและอัตราการหายใจซึ่งมีผลกระทบต่อสุขภาพของสัตว์ เนื่องจากความเข้มข้นของสารแคนนาบินอยด์สามารถพบได้ทุกส่วนในพืช และมีความเข้มข้นแตกต่างกันไปตามส่วนต่าง ๆ ของพืช ซึ่งความปลอดภัยการใช้กัญชาที่มีสารแคนนาบินอยด์โดยเฉพาะสาร THC ยังคงเป็นข้อกังวลหลักในการใช้พืชกัญชาให้กับสัตว์ (Kasula et al., 2021) อย่างไรก็ตามการใช้ประโยชน์จากพืชกัญชาที่มีสารออกฤทธิ์ THC ต่ำกว่า 0.3% นั้น มีความปลอดภัยต่อการนำไปเลี้ยงสัตว์ (Health Canada, 2012) นอกจากนี้ สารแคนนาบินอยด์ (THC และ CBD) ซึ่งมีคุณสมบัติต้านจุลชีพและสารต้านอนุมูลอิสระ (Leonard et al., 2020) จากผลการศึกษาของ Salavardić et al. (2021) แสดงให้เห็นว่าแพะนมที่เลี้ยงด้วยพืชกัญชามีผลกระทบต่อการต้านอนุมูลอิสระและส่งผลให้ค่า SCC ลดลง ด้วยคุณสมบัติของสารแคนนาบินอยด์ที่มีความสัมพันธ์กับการกำจัดปฏิกิริยา ROS กลไกเหล่านี้มีผลต่อต้านอนุมูลอิสระในร่างกาย (Wang et al., 2015) จึงมีผลดีต่อสุขภาพสัตว์ ซึ่งสัตว์ที่ให้ผลผลิตน้ำนม เช่น แพะนม มักประสบปัญหาเกี่ยวกับโรคเต้านมอักเสบหรือการอักเสบของต่อมน้ำนม มักเกิดจากแบคทีเรียก่อโรคได้มากมายและก่อให้เกิดผลผลิตและคุณภาพของน้ำนมลดลง (Ruegg, 2017) และการใช้พืชสมุนไพรกัญชายังไม่ได้รับการศึกษาวิจัยสำหรับสารแคนนาบินอยด์ที่สามารถส่งผลให้ค่า SCC ลดลง ดังนั้นการศึกษางานวิจัยในครั้งนี้เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์ใบรวมก้านกัญชาในอาหารแพะนม ต่อการกินได้ การย่อยได้ของโภชนะ กระบวนการหมักในกระเพาะหมัก การต้านอนุมูลอิสระในเลือด ปริมาณและองค์ประกอบของน้ำนม และค่า SCC

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์ใบรวมก้านกัญชาในสูตรอาหารผสมสำเร็จ (Total mixed ration; TMR) องค์ประกอบทางเคมี เพื่อนำมาประกอบสูตรอาหารเลี้ยงแพะนม

1.2.2 เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์ใบรวมก้านกัญชาในสูตรอาหาร TMR เลี้ยงแพะนม ต่อการกินได้ การย่อยได้ของโภชนะ กระบวนการหมักในกระเพาะหมัก การต้านอนุมูลอิสระในเลือด

1.2.3 เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์ไบวมก้านหญ้าในสูตรอาหาร TMR เลี้ยงแพะนม ต่อปริมาณและองค์ประกอบนม และค่า SCC

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 การใช้ประโยชน์ไบวมก้านหญ้าในสูตรอาหาร TMR สามารถนำมาใช้ประกอบสูตรอาหารเลี้ยงแพะนมได้

1.3.2 การใช้ประโยชน์ไบวมก้านหญ้าในสูตรอาหาร TMR เลี้ยงแพะนมไม่มีผลกระทบต่อเชิงลบต่อการกินได้ การย่อยได้ของโภชนะ กระบวนการหมักของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก และสามารถต้านอนุมูลอิสระในเลือดได้

1.3.3 การใช้ประโยชน์ไบวมก้านหญ้าในสูตรอาหาร TMR เลี้ยงแพะนมไม่มีผลกระทบต่อเชิงลบต่อปริมาณและองค์ประกอบนม และสามารถลดค่า SCC ได้

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นเพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์จากไบวมก้านหญ้าในอาหารแพะนม ต่อผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบน้ำนม โดยใช้หญ้าจากสวนเกษตรเฉลิมพระเกียรติ 50 พรรษา บรมราชกุมารี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สัตว์ทดลองแพะนมสายพันธุ์ลูกผสมซาเนน 75% สถานที่ทดลองฟาร์มแพะแกะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

1.5 ประโยชน์ของการวิจัย

1.5.1 ด้านวิชาการ ได้องค์ความรู้ใหม่สำหรับการใช้ประโยชน์หญ้าในสูตรอาหาร TMR สามารถนำมาใช้ประกอบสูตรอาหารเลี้ยงแพะนม และทราบถึงผลความสามารถการย่อยได้ การหมักของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก การต้านอนุมูลอิสระในเลือด ปริมาณและองค์ประกอบน้ำนม นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยจะเป็นฐานข้อมูลสำหรับการวิจัย รวมถึงการเผยแพร่ในวารสารวิชาการ

1.5.2 ด้านสังคมและชุมชน การใช้ประโยชน์จากไบวมก้านหญ้าในสูตรอาหาร TMR เลี้ยงแพะนม อาจเป็นพืชสมุนไพรทางเลือกเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารหยาดที่มีสารต้านอนุมูลอิสระให้แพะมีสุขภาพที่ดี และสามารถลดค่า SCC ได้

1.5.3 ด้านเศรษฐกิจ/พาณิชย์ เป็นแนวทางของการใช้ประโยชน์จากไบวมก้านหญ้าในสูตรอาหาร TMR เลี้ยงแพะนม เพื่อการผลิตอาหารเชิงพาณิชย์ได้ในอนาคต และผลิตภัณฑ์นมแพะที่เลี้ยงด้วยหญ้า

1.6 คำจำกัดความ

ใบรวมก้านกัญชา (*Cannabis sativa* L.) การกินได้ การย่อยได้ กระทบการหมักใน
กระเพาะหมัก การต้านอนุมูลอิสระในเลือด ปริมาณและองค์ประกอบน้ำมัน



บทที่ 2

ปรัทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความเป็นมาของพืชกัญชา

กัญชา (*Cannabis sativa* L) หมายถึงพืชกัญชา (Marijuana) ที่ใช้เป็นพืชเสพติดเพื่อสันตนาการหรือพืชกัญชาเพื่ออุตสาหกรรม และเฮมพ์ (Hemp) หรือ กัญชง (Ranalli, 1999) มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปเอเชีย ภูมิภาคตะวันออกจีน และอเมริกาใต้ รวมถึงประเทศไทยสามารถพบได้ในแถบลุ่มแม่น้ำสงคราม จังหวัดอุดรธานี หนองคาย สกลนคร และนครพนม (ส. สุทธิพันธ์, 2562) เป็นพืชที่ได้รับการบันทึกไว้ในเอกสารโบราณว่ามีการปลูกเพื่อใช้ประโยชน์เส้นใยจากพืชและการเสพติดเพื่อสันตนาการในหลายประเทศ เช่น ประเทศจีนมีการใช้เส้นใยกัญชามาตั้งแต่ 5,000 - 4,000 ปีก่อนคริสตกาล และมีการพัฒนาการใช้ประโยชน์จากเส้นใยเพื่อผลิตกระดาษ ในประเทศยุโรปมีการใช้พืชกัญชาเริ่มตั้งแต่ 700 ปีก่อนคริสตกาล เพื่อผลิตเป็นเชือกเพื่อการล่าสัตว์ และใช้ในเรือเดินทางทะเล เนื่องจากเส้นใยมีความเหนียวและทนทาน (Mignoni, 1997) ในประเทศไทยทางภาคเหนือมีการใช้เส้นใยทอผ้าจากต้นพืชกัญชาเพศผู้ โดยใช้ต้นที่เริ่มออกดอก อายุระหว่าง 3 - 4 เดือน ความแข็งแรงของเส้นใยพืชกัญชา มีคุณสมบัติในการผลิตเชือก ผ้าใบ เสื้อผ้า รองเท้า ในระดับอุตสาหกรรมและเพื่อการสันตนาการ (Byrd, 2019)

ในปี 1937 รัฐบาลสหรัฐอเมริกาได้กำหนดกฎหมาย Federal Bureau of Narcotics, the Marihuana Tax Act ในการควบคุมพืชกัญชาเนื่องจากมีสารแคนนาบินอยด์ของพืชกัญชาโดยเฉพาะสาร THC ซึ่งมีผลต่อระบบประสาท และในปี 1941 พืชกัญชาถูกถอนออกจาก American Pharmacopoeia ทำให้การควบคุมพืชกัญชาเข้มงวดยิ่งขึ้น เนื่องจากพืชกัญชามีสารที่ทำให้เกิดการเสพติด ในปี 1961 จึงห้ามขายหรือผลิตยาหรือสารที่มีกิจกรรมต่อประสาท ยกเว้นการวิจัยและเพื่อประโยชน์อย่างเป็นทางการของแพทย์ การกำหนดกฎหมายเหล่านี้ถูกขับเคลื่อนด้วยความกังวลเกี่ยวกับผลกระทบของสารแคนนาบินอยด์ และผลกระทบต่อระบบประสาท ดังนั้นการควบคุมพืชกัญชามีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมการใช้และป้องกันการใช้ในทางที่ไม่เหมาะสม (ระพีพงศ์ และ โชษิตา, 2561) สำหรับการเพาะปลูกพืชกัญชา การครอบครอง และการจำหน่ายพืชกัญชา กฎหมายจะแตกต่างกันไปในแต่ละประเทศ อย่างไรก็ตามพืชกัญชาถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในหลายประเทศ เช่น แคนาดา สหรัฐอเมริกา และอูรุกวัย อนุญาตให้ใช้พืชกัญชาอย่างถูกต้องตามกฎหมายเพื่อวัตถุประสงค์ทางการแพทย์และสันตนาการ แต่บางประเทศ เช่น เดนมาร์ก ออสเตรเลีย และเยอรมนี อนุญาตให้ใช้พืชกัญชาเพื่อวัตถุประสงค์ทางการแพทย์เท่านั้น ในขณะที่ ประเทศไทยไม่

อนุญาตให้ปลูกพืชกัญชาได้อย่างเสรี (รวีสสาข์ และคณะ, 2564) เนื่องจากภาวะเป็ยบที่เกี่ยวข้งกับการใช้และการเพาะปลูกพืชกัญชาได้รับอภิทธิพลจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น ทัศนคติทางสังคม การวิจัยทางการแพทย์ และการควบคุมยาเสพติดระหว่างประเทศ ซึ่งกระแสของพืชกัญชาเสรีในประเทศไทยที่กำลังให้ความสนใจเกี่ยวกับประโยชน์ของพืชกัญชามากขึ้นจากเดิมที่ติดภพลักษณะ พืชกัญชาคือยาเสพติดให้โทษ รัฐบาลไทยจึงพิจารณาผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจและผลกระทบทางสังคม การเมือง และสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นจากการเพาะปลูกพืชกัญชา (กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2562) ประเทศไทยจึงอนุญาตให้ปลูกพืชกัญชาตามพระราชบัญญัติ (พ.ร.บ.) ยาเสพติดให้โทษ พ.ศ. 2522 และอนุญาตปลูกพืชกัญชงให้เป็นสายพันธุ์ย่อยของพืชกัญชาที่มีปริมาณ THC ต่ำ เพื่อสนับสนุนในภาคอุตสาหกรรม แม้ว่าประเทศไทยอนุญาตให้เพาะปลูก ครอบครอง และการจำหน่ายตามกฎหมาย แต่ก็ไม่อนุญาตให้ปลูกพืชกัญชาอย่างอิสระ แต่อนุญาตให้ครอบครองเพื่อวัตถุประสงค์ทางการแพทย์และการวิจัย สามารถใช้ประโยชน์ของพืชกัญชา เช่น ราก ลำต้น ใบ ดอก และ เมล็ด (กรมแผนไทยและการแพทย์ทางเลือก, 2564) เพื่อการผลิตเป็นยาเพื่อรักษาโรค 13.63% ยาแผนไทย 9.59% ผลิตเป็นอาหาร 66.83% และเครื่องสำอาง 4.91% รวมไปถึงการในอาหารสัตว์ 0.12% เป็นต้น (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข, 2565) จากฐานข้อมูล CANNUSE ผลิตภณัฑ์จากพืชกัญชาได้รับการยอมรับว่าเป็นอาหารและเครื่องดื่มที่มีประโยชน์สามารถบริโภคได้ (Balant et al., 2021) เช่น ดอก ใบ และต้นอ่อนของพืชกัญชา (King, 2019) ซึ่ง ใบพืชกัญชา เป็นส่วนที่นิยมบริโภคมากเป็นอันดับสอง (37.18%) ส่วนใหญ่นำมาใช้ในเครื่องดื่มและยังทอดหรือเป็นองค์ประกอบในสูตรอาหาร (Rasera et al., 2021) ที่สามารถสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจได้

อนึ่ง กัญชาเป็นพืชทางเศรษฐกิจและเป็นประโยชน์ทางการแพทย์ ซึ่งมีสารแคนนาบินอยด์ เช่น สาร THC และ CBD (รวีสสาข์ และคณะ 2564) ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีประสิทธิภพช่วยรักษา โรคมะเร็ง ภูมิคุ้มกัน อาการอักเสบและความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (reactive oxygen species; ROS) (Kopustinskiene et al., 2022) อย่างไรก็ตามการใช้ผลิตภณัฑ์จากพืชกัญชามีการผลิตและควบคุมการใช้ประโยชน์ภายใต้ข้อบ่งคับที่แตกต่างกันไปแต่ละประเทศทั่วโลก เนื่องจากผลกระทบของสาร THC ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของพืชกัญชาที่มีผลต่อการทำงานของระบบประสาท เช่น กิจกรรมการเคลื่อนไหวและการทำงานทางปัญญา เป็นต้น และมีการวิจัยเกี่ยวกับความปลอดภัยและผลข้างเคียงของสาร CBD ในมนุษย์แสดงให้เห็นว่าสาร CBD มีผลข้างเคียงเล็กน้อยเป็นสารแคนนาบินอยด์ที่มีความเป็นพิษต่ำ (ธนพล, 2020) ซึ่งส่วนใหญ่มีการใช้ประโยชน์พืชกัญชาด้านการแพทย์เพื่อการรักษาโรคต่าง ๆ เช่น รักษาโรคปลอกประสาทเสื่อมแข็ง (Multiple sclerosis) ลดอาการคลื่นไส้ อาเจียนจากการได้รับเคมีบำบัด (Antiemetic effect) เพิ่มความอยากอาหาร (Appetite stimulation) ในผู้ป่วยโรคมะเร็งและโรคเอดส์ การรักษา มะเร็ง (Anticancer effect) ช่วยควบคุมอาการลมชัก (Epilepsy) และลดอาการปวด (Analgesic effect) (ธนพล, 2020)

ซึ่งสารออกฤทธิ์ THC และ CBD มีการผลิตใช้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น น้ำมันกัญชา ยาพ่นในช่องปาก แคปซูล ชา ไอระเหย และการให้ยาทางผิวหนัง เป็นต้น (ตารางที่ 4) ในอัตราส่วนระหว่างสาร CBD ต่อ THC สูง หรือสาร THC และ CBD ในอัตราส่วนที่เกือบเท่ากัน และมีเทอร์ปีนอยด์ (Terpenoid) ให้กลิ่นหอมฉุนจะกระตุ้นให้เกิดความผ่อนคลายและลดความเจ็บปวดเมื่อได้รับสารแคนนาบินอยด์ (McPartland, 2006)

2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์พืชกัญชา

ชื่อวิทยาศาสตร์ของพืชกัญชา ใน ปี 1753 ลินเนียส (Linnaeus) นักพฤกษศาสตร์ชาวสวีเดน คนแรกที่ตั้งชื่อ โดยใช้ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cannabis sativa* L. จัดให้อยู่ในวงศ์ Cannabaceae ต่อมา ในปี 1785 นักธรรมชาติวิทยาชาวฝรั่งเศส (Lamarck) ได้จำแนกพืชกัญชาออกเป็นสองประเภท ได้แก่ *Cannabis sativa* ซึ่งปลูกในประเทศในซีกโลกตะวันตก และ *Cannabis indica* ซึ่งเป็นพืชกัญชาป่าที่พบในอินเดียและภูมิภาคใกล้เคียง ปัจจุบันนักพฤกษศาสตร์ยอมรับว่าพืชกัญชา มีชื่อวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องเพียงชื่อเดียวคือ *Cannabis sativa* L. และชื่ออื่นเป็นชื่อพ้อง (Pollio, 2016)

พืชกัญชา (*Cannabis plant*) จึงมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cannabis sativa* L. และจัดอยู่ในวงศ์ของ Cannabaceae มีชื่อสามัญเรียกหลายชื่อ เช่น cannabis hemp Indian hemp ganja marihuana และ marijuana (กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข, 2564) โดยลักษณะทั่วไปของพืชกัญชาเป็นพืชล้มลุก มีอายุเพียง 1 ปี ซึ่งความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดและสายพันธุ์ (Preedy, 2017) โดยมีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ดังนี้

รากพืช: เป็นระบบรากแก้ว (Tap root system) มีรากแขนงลึก 30 - 60 เซนติเมตร จำนวนมาก (Ehrensing, 1998)

ใบ: พืชใบเลี้ยงคู่ ขอบใบหยักเป็นร่อง (ภาพที่ 2.1) แผ่นใบแยกเป็น 5 - 7 แฉก เรียวแหลม ก้านใบยาว 2 - 7 เซนติเมตร (Ehrensing, 1998)

ลำต้น: การเจริญเติบโตของต้นจะช้าในช่วง 6 สัปดาห์แรก หลังจากนั้นจะเพิ่มความสูงตั้งแต่ 1 - 6 เมตร (ภาพที่ 2) เปลือกนอก (Primary bast fibers) มีลักษณะเส้นใยที่ยาว เหนียว หยาบ ส่วนเปลือกในที่ติดกับเนื้อไม้ (Secondary bast fibers) ให้เส้นใยที่ละเอียด (Ehrensing, 1998)

ดอกกัญชา: มีการติดดอกและเมล็ดในช่วง 90 - 120 วัน สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ มีดอกเพศผู้และเพศเมียอยู่ในต้นเดียวกัน (Monoecious) และดอกเพศผู้และเพศเมียแยกกันอยู่คนละต้น (Dioecious) (Ehrensing, 1998) ในประเทศไทย พบว่า พืชกัญชามีดอกเพศผู้และดอกเพศเมียอยู่ต่างต้นกัน (วีระชัย ณ นคร, 2548) ลักษณะช่อดอกเกสรตัวผู้ (Male flower) มีสีเขียวซีดจำนวนมากพบได้ตามก้านใบยาวตามซอกใบ (ภาพที่ 2.3) ดอกจะบานนานประมาณ 2 เดือน ดอก

เพศเมียเกิดตามชอกใบและปลายยอด ในบริเวณช่อดอกจะอัดตัวกันแน่นอายุของดอกประมาณ 3 - 4 สัปดาห์ก็จะติดผล (ภาพที่ 4) (Ehrensing, 1998)

เมล็ด: มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วภายใน 2-3 สัปดาห์หลังออกดอก ลักษณะเป็นเมล็ดเดี่ยว รูปไข่ ผิวเรียบ เป็นมันมีลายประดับสีน้ำตาล เมล็ดแห้งจะมีสีเทา ขนาดประมาณ 3-4 มิลลิเมตร ภายในเมล็ดอุดมไปด้วยสารอาหาร (ตารางที่ 2.1) เช่น แป้งและไขมัน โดยมีน้ำมันประมาณ 29-34 % มีไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acids) สูง ได้แก่ กรดลิโนเลอิก (Linoleic acid; C18:2) กรดลิโนเลนิก (Linolenic acid; C18:3) และ กรดโอเลอิก (oleic acid; C18:1) (Ehrensing, 1998)

พืชกัญชาและพืชกัญชงมีความแตกต่างสามารถแยกลักษณะภายนอกได้ เช่น ลักษณะลำต้น กิ่ง ข้อปล้อง การเรียงตัวของใบ สีและจำนวนแฉกใบ เปลือก เมล็ด และปริมาณเส้นใย และพืชกัญชาจะมีปริมาณสาร THC สูง กัญชง THC ต่ำ และCBD สูง (ตารางที่ 2.3) (ส. สุทธิพันธ์, 2562)

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของพืชกัญชง (*Cannabis sativa*)

องค์ประกอบทางเคมี (% DM) ¹	ทั้งหมดของต้น	ใบ	ลำต้น	ดอก	เมล็ด	เปลือก	ดอกสกัด
วัตถุแห้ง	70.3	88.9	64.8	90.9	89.8	92.9	96.6
โปรตีน	6.9	13.0	5.3	21.2	23.0	20.0	24.5
ไขมัน	2.7	8.9	1.2	12.5	12.5	4.6	21.5
เถ้า	8.8	21.2	6.3	14.1	14.1	24.9	3.6
น้ำตาล	2.7	5.9	2.0	5.0	5.0	6.3	0.4
แป้ง	0.2	0.9	0.1	0.7	0.7	1.2	0.5
ADF ²	60.8	20.8	64.6	26.1	26.1	18.0	2.4
NDF ³	81.6	44.7	84.4	52.5	53.2	27.9	0.3
พลังงาน, %	24.0	41.0	19.8	53.6	61.5	54.3	25.7

หมายเหตุ ⁽¹⁾ dry matter, ⁽²⁾ acid detergent fiber, ⁽³⁾ neutral detergent fiber

ที่มา: Kleinhenz et al. (2020a)



รูปที่ 2.1 ลักษณะใบของพืชกัญชา
ที่มา: สวนเกษตรเฉลิมพระเกียรติ (SUT cannabis), (2565)



รูปที่ 2.2 ลักษณะลำต้นของพืชกัญชา
ที่มา: สวนเกษตรเฉลิมพระเกียรติ (SUT cannabis), (2565)



รูปที่ 2.3 ช่อดอกเกสรตัวผู้

ที่มา: สวนเกษตรเฉลิมพระเกียรติ (SUT cannabis), (2565)



รูปที่ 2.4 ช่อดอกเกสรตัวเมีย

ที่มา: สวนเกษตรเฉลิมพระเกียรติ (SUT cannabis), (2565)

2.2.1 สายพันธุ์ของพืชกัญชา

พืชกัญชา มี 3 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ชาติวา (*Cannabis Sativa*) พบในแถบเส้นศูนย์สูตร เช่น โคลัมเบีย เม็กซิโก ตอนกลางของทวีปแอฟริกา เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และประเทศ

ไทย สายพันธุ์อินดิกา (*Cannabis Indica*) พบในอินเดียและตะวันออกเฉียงใต้ สายพันธุ์รูเดราลิส (*Cannabis Ruderalis*) พบในยุโรป บริเวณ ตอนกลางและตะวันออก โดยแต่ละสายพันธุ์ มีแหล่งกำเนิด ลักษณะสายพันธุ์และคุณสมบัติ ที่แตกต่างกัน โดยสายพันธุ์ที่กำเนิดในประเทศไทย เป็นสายพันธุ์ชาติวา ที่ให้ปริมาณสาร THC สูง (สำนักงานจัดการกัญชาและกระท่อมทางการแพทย์แผนไทย พ.ศ. 2562) นอกจากนี้พืชกัญชาจัดอยู่ในวงศ์ Cannabaceae เช่นเดียวกับกัญชง เมื่อพิจารณา ลักษณะทางกายภาพพืชกัญชงสามารถแยกความแตกต่างออกจากพืชกัญชาได้ดังนี้ มีใบแคบเรียวยาวและสีเขียวอ่อน มีลำต้นสูงและแตกกิ่งก้านน้อยกว่า และช่อดอกมีขนาดเล็กกว่าพืชกัญชา ในขณะที่หากพิจารณาปริมาณสารออกฤทธิ์ พบว่า พืชกัญชงจะมีสาร THC ต่ำกว่า 0.3% (W/W) แต่พืชกัญชามีสาร THC สูงกว่า 0.3% (W/W) (ตารางที่ 2) อย่างไรก็ตามยังไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างปริมาณสารออกฤทธิ์ที่สำคัญและสัณฐานวิทยาของแต่ละ subspecies ได้อย่างชัดเจน เนื่องจากลักษณะที่ใกล้เคียงกันและมีการเปลี่ยนแปลงไปตามสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงมีการใช้ชื่อ *Cannabis sativa* เรียกพืชกัญชาทุก subspecies (United Nations Office On Drugs And Crime, 2009) และมีการจำกัดความของ industrial cannabis หรือ industrial hemp ว่าเป็น *Cannabis sativa* L. เช่นเดียวกับการศึกษาที่ได้รายงานไว้ว่า พืชกัญชามีชื่อวิทยาศาสตร์ *Cannabis sativa* L. แต่เป็นพืชที่มี phenotype หรือ genotype แตกต่างกัน เมื่อศึกษาจากลักษณะทางพันธุกรรมของยีนที่สร้างสารออกฤทธิ์ เช่น THC, CBD, แคนนาบิโครมิน (cannabichromene หรือ CBC) และ แคนนาบิเจอร์อล (cannabigerol หรือ CBG) เป็นต้น

ในประเทศไทยมีการจัดการขึ้นทะเบียนพืชปลูกสายพันธุ์กัญชาที่ได้ขึ้นทะเบียนกับกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์อิสระ 01 (*Cannabis sativa* L. 'Issara 01') ทางกระรอกภูพานเอสที 1 (*Cannabis sativa* L. 'Hang Kra Rog Phu Phan ST1') ทางเสือสลนครที่ 1 (*Cannabis sativa* L. 'Hang Suesa Sakonnakhon TT1') ตะนาวศรีก้านขาวดับเบิลยูเอ 1 (*Cannabis sativa* L. 'Tanao Si Kan Khaw WA1') และ ตะนาวศรีก้านแดงอาร์ดี 1 (*Cannabis sativa* L. 'Tanao Si Kan Dang RD1') (ส. สุทธิพันธ์ 2562)

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบความแตกต่างของพืชกัญชาและกัญชง (*Cannabis sativa* L.)

ลักษณะทั่วไป	พืชกัญชา	พืชกัญชง
ลำต้น	ลำต้นเตี้ย (ไม่ถึง 2 เมตร) และแข็งแรง	ลำต้นสูง (เกิน 2 เมตร) และแข็งแรง
กิ่ง	แตกกิ่งก้านมาก แตกกิ่งแบบสลับ	กิ่งก้านน้อย แตกกิ่งในทิศทางเดียวกัน
ข้อปล้อง	ข้อปล้องสั้น	ข้อปล้องยาว
การเรียงตัวของใบ	ใบยาว เรียว ใบกว้าง สั้น เรียงตัวห่าง	ใบยาว เรียว ใบกว้าง สั้น เรียงตัวห่าง
สีของใบ	สีเขียวถึงเขียวจัด	สีเขียวอมเหลือง
จำนวนแฉกใบ	มีแฉกน้อย (5-7 แฉก)	มีแฉกมาก (7-11 แฉก)
เปลือก	เปลือกไม่เหนียว ลอกยาก	เปลือกเหนียว ลอกง่าย
เมล็ด	ขนาดเล็ก ผิวเมล็ด เป็นลาย มันวาว	ขนาดใหญ่ ผิวเมล็ดหยาบ ขนาดเล็ก ผิวเมล็ดมี เป็นลาย
ปริมาณเส้นใย	เส้นใยสั้น คุณภาพต่ำ	เส้นใยาว คุณภาพสูง
ปริมาณสาร THC	ประมาณมากกว่า 1-10 %	น้อยกว่า 0.3 หรือไม่เกินประมาณ 1 %

ที่มา: ส. สุทธิพันธ์ (2562)

ตารางที่ 2.3 ความแตกต่างของสายพันธุ์พืชกัญชาเปรียบเทียบระหว่างสายพันธุ์ Sativa และ Indica

หัวข้อ	สายพันธุ์ Sativa	สายพันธุ์ Indica
แหล่งกำเนิด	ไทย เม็กซิโก โคลัมเบีย บางประเทศ ในแถบแอฟริกาใต้	เอเชียกลาง เช่น อัฟกานิสถาน ปากีสถาน โมร็อกโก
ลำต้น	ลำต้นสูง ช่วงโตเต็มวัยอยู่ที่ 150 - 250 เซนติเมตร ช่องว่างระหว่างกิ่งจะ กว้าง ลักษณะคล้ายต้นคริสต์มาส	ลำต้นไม่สูงมาก ในช่วงโตเต็มวัย อยู่ที่ 100-150 เซนติเมตร ช่วงห่าง ระหว่างกิ่งจะสั้น มีลักษณะเป็นพุ่ม
ใบ	ใบแคบเรียว ไม่ใหญ่มาก	ใบกว้างและใหญ่
ดอก	ดอกยาว ไม่แน่น	ดอกหนาแน่น มีน้ำหนักรมากกว่า
การออกดอก	มีช่วงดอก อยู่ที่ 8 - 14 สัปดาห์	มีช่วงดอก อยู่ที่ 6 - 10 สัปดาห์
กลิ่น	กลิ่นผลไม้ กลิ่นเปรี้ยว หวาน กลิ่นดิน (ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์)	กลิ่นค่อนข้างแรง มีกลิ่นฉุน (ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์)
สารประกอบ	มี THC สูง	มี CBD ต่ำ

ที่มา: ส. สุทธิพันธ์ (2562)

ตารางที่ 2.4 ผลิตภัณฑ์ยารักษาโรคที่ผลิตจากพืชกัญชาที่ได้รับอนุญาต

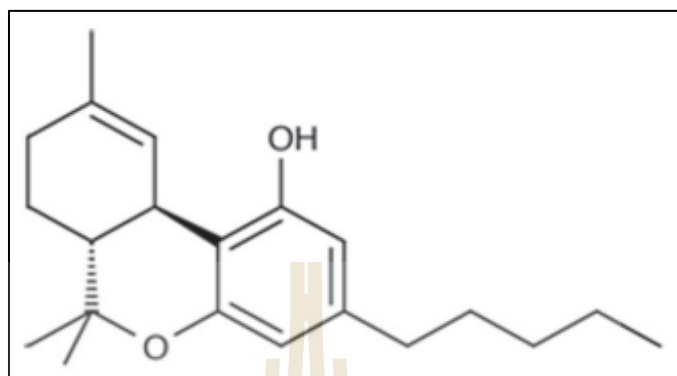
รูปแบบการใช้	สารออกฤทธิ์ที่ใช้รักษา	วัตถุประสงค์ของการใช้รักษา
ยาพ่นในช่องปาก	น้ำมันสกัดจากต้นพืชกัญชาประกอบด้วยสาร THC และ CBD	บรรเทาอาการโรคปลอกประสาทเสื่อมแข็ง (Multiple Sclerosis)
แคปซูลเจลาติน	สารสังเคราะห์ delta-9- THC	บรรเทาอาการโรคปลอกประสาทเสื่อมแข็ง บรรเทาอาการคลื่นไส้และอาเจียนในผู้ป่วยโรคมะเร็ง และกระตุ้นความอยากอาหารในผู้ป่วยโรคเอดส์
แคปซูล	สารสังเคราะห์ CBD ที่มีคุณสมบัติคล้ายกับสาร THC	บรรเทาอาการคลื่นไส้และอาเจียนในผู้ป่วยโรคมะเร็ง
ยอดดอกกัญชาอบแห้งหรือผง	ส่วนของต้นพืชกัญชา มีสาร THC และสาร CBD	Tourette's Disorder และผู้ป่วยโรคมะเร็ง

ที่มา: รายงานความก้าวหน้าการใช้ประโยชน์จากพืชกัญชาและกัญชง และกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องในสหภาพยุโรป (2563)

2.3 โครงสร้างและคุณสมบัติทางเคมีของพืชกัญชา

พืชกัญชามีสารสำคัญ คือ สารแคนนาบินอยด์ มีประวัติยาวนานในการใช้ยามายาวนานกว่า 4,000 ปี อย่างไรก็ตามการนำแคนนาบินอยด์เข้าสู่การแพทย์สมัยใหม่นั้นมีสารออกฤทธิ์สำคัญที่พบได้มากที่สุด คือ THC ถูกระบุเมื่อ 40 ปีก่อน เป็นสารแคนนาบินอยด์ตัวแรกที่ได้รับการจำแนกอนุพันธ์ (ภาพที่ 5) ได้รับการพัฒนาและการศึกษาทางการแพทย์ อย่างไรก็ตามสาร THC ถูกกำหนดและวิเคราะห์เคราะห์ทางเคมีมาจนถึงปีค.ศ. 1964 ทำให้สามารถศึกษาได้อย่างแม่นยำยิ่งขึ้น ซึ่งสาร THC เป็นสารออกฤทธิ์ต่อระบบประสาททำให้รู้สึกผ่อนคลาย ช่วยการนอนหลับลดอาการคลื่นไส้ อาเจียน กระตุ้นให้อยากอาหารและเป็นสารที่ช่วยลดอาการเจ็บปวด อย่างไรก็ตามหากมีการนำสาร THC มาใช้ในทางที่ไม่ถูกต้องหรือไม่ระมัดระวังในการใช้ อาจทำให้เกิดโทษต่อร่างกายได้ เช่น ปากแห้ง ตาแดง ใจเต้นเร็ว ตอบสนองช้า และทำให้สูญเสียความทรงจำ ทำให้เกิดอาการหลอนประสาท เกิดการเสพติด (Atakan, 2012)

2.3.1 เดลตา 9 -тетระไฮโดรแคนนาบินอล (Δ^9 -tetrahydrocannabinol หรือ Δ^9 -THC)



รูปที่ 2.5 Δ^9 เทตระไฮโดรแคนนาบินอล (THC)

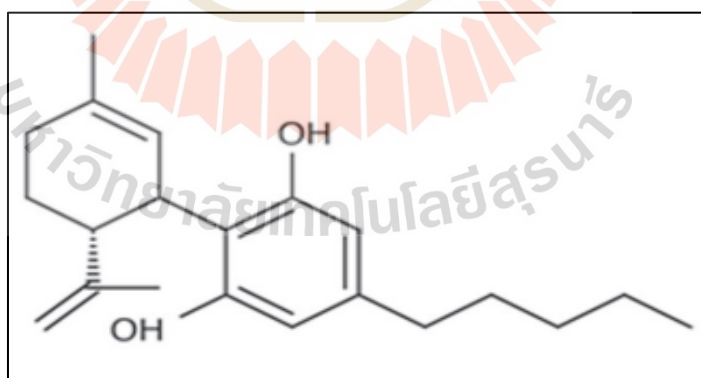
ที่มา: Atakan (2012)

ปัจจุบันมีการค้นพบสารแคนนาบินอยด์นอกจากสาร THC แล้วยังพบสารประกอบต่าง ๆ ได้แก่ แคนนาบิไดออล (Cannabidiol หรือ CBD) (ภาพที่ 2.6) (McPartland, 2017) แคนนาบินอล (Cannabinol หรือ CBN), CBC, CBG แคนนาบิโนไดออล (Cannabinodiol หรือ CBND) แคนนาบิเอลโซอิน (Cannabielsoin หรือ CBE) แคนนาบิไซโคล (Cannabicyclol หรือ CBL) และ แคนนาบิทรียอล (Cannabitrilol หรือ CBT) (ElSohly et al., 2017) ซึ่งมีคุณสมบัติทางเคมีที่ซับซ้อนประกอบด้วย น้ำตาล, ไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbons) สเตียรอยด์ (Steroids) ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) สารประกอบไนโตรเจน (Nitrogen) และกรดอะมิโน (Amino acids) เป็นต้น (ElSohly and Slade, 2005) นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติเป็นสารประกอบ เทอร์พีฟีนอลิก (Phenolic terpenes) ที่ผลิตขึ้นจากสารตั้งต้นของ โมโนเทอร์พีนอยด์ (Monoterpenoid) และเจอร์รานิลไพโรฟอสเฟต (Geranylpyrophosphate; GPP) เป็นสารตั้งต้นของการสังเคราะห์ กรดโอลีฟโทลิก (Olive Tolic acid) หรือ กรดไดวาริโนลิก (Divarinolic acid) (Fellermeier et al., 2001) สารแคนนาบินอยด์หลัก ๆ ในพืชกัญชาที่ได้รับความสนใจในทางการแพทย์มากที่สุด คือ THC และ CBD (Swift et al., 2013) ซึ่งสาร CBD มีความแตกต่างจากสาร THC คือ เป็นสารเมตาบอไลต์ที่ไม่ออกฤทธิ์ต่อจิตประสาท มีฤทธิ์ช่วยลดการอักเสบ การอักเสบของกล้ามเนื้อ บรรเทาความเจ็บป่วยและสามารถใช้ได้ในปริมาณมากเนื่องจากไม่มีผลข้างเคียงต่อระบบประสาทเมื่อเทียบกับสาร THC (Atakan, 2012) อย่างไรก็ตามการใช้ประโยชน์สารแคนนาบินอยด์จากพืชกัญชายังคงเป็นที่ยอมรับสำหรับการแพทย์ยังคงเพิ่มขึ้น (Cohen, 2010) โดยพืชกัญชาจึงถูกแบ่งประเภทกำหนดตามสารออกฤทธิ์

THC ได้แก่ ประเภทยา (Chemotype) ที่มีอัตราส่วน THC/CBD สูง ชนิดปานกลาง (Chemotype) ที่มีอัตราส่วน THC/CBD ปานกลาง และประเภทไฟเบอร์ (Chemotype) คือ พืชกัญชาที่มี THC น้อยกว่า 0.3% W/W และอัตราส่วน THC/CBD ที่ต่ำ (Ujvary and Hanus, 2016) ถึงแม้ว่าพืชกัญชาจะเป็นสิ่งผิดกฎหมายในหลายประเทศทั่วโลก (UNODC, 2011)

การเพาะปลูกพืชกัญชา การครอบครอง หรือเสพกัญชาเพื่อสันตนาการและความเพลิดเพลินยังไม่สามารถทำได้อย่างถูกกฎหมาย โดยบทลงโทษนั้นแตกต่างกันไปตามแต่ละประเทศ ในขณะที่กฎหมายข้อบังคับการใช้กัญชาในประเทศไทยจัดพืชกัญชา เป็นยาเสพติดให้โทษประเภทที่ 5 ตามพระราชบัญญัติยาเสพติดให้โทษ ฉบับที่ 7 พ.ศ. 2562 มีข้อยกเว้นเปลือกลำต้น เส้นใย กิ่งก้าน ราก และใบซึ่งไม่มียอดหรือช่อดอก (กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือกกระทรวงสาธารณสุข, 2564) เนื่องจากช่อดอกกัญชาเพศเมียมีปริมาณสาร THC สูง (Jin et al., 2021) จึงมีกฎหมายและข้อบังคับของสหภาพยุโรปใช้ค่าเกณฑ์ของสาร THC เป็นตัวกำหนดระดับการใช้ โดยอนุญาตใช้ที่ระดับความเข้มข้น 0.8% by dry weight ต่อมาลดเหลือ 0.3% by dry weight และลดลงเหลือ 0.2% by dry weight เพื่อความปลอดภัยของการใช้ประโยชน์ แม้ว่าปริมาณความเข้มข้นที่ 0.3% by dry weight จะได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง เช่นเดียวกันกับข้อบังคับของประเทศแคนาดา อนุญาตให้ใช้สาร THC ที่ระดับ 0.3% by dry weight และเป็นจุดเกณฑ์เพื่อแยกสายพันธุ์ของพืชกัญชงจากพืชกัญชา (ตารางที่ 2.2) (Small et al., 2016)

2.3.2 แคนนาบิไดออล (Cannabidiol หรือ CBD)



รูปที่ 2.6 แคนนาบิไดออล (CBD)

ที่มา: Atakan (2012)

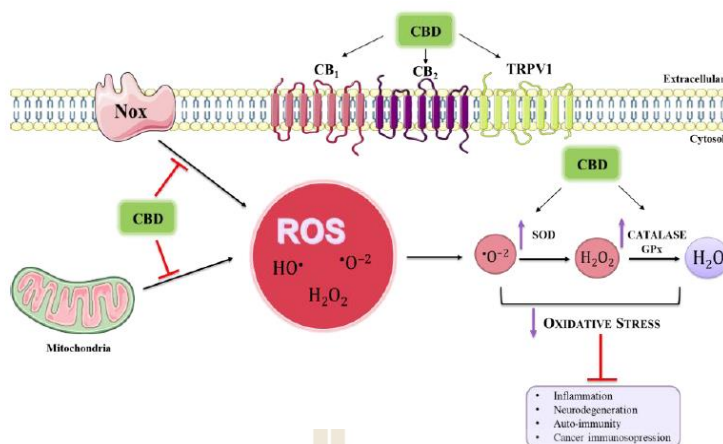
2.4 กลไกและการดูดซึมสารออกฤทธิ์แคนนาบินอยด์

สารแคนนาบินอยด์เป็นสารออกฤทธิ์ที่สามารถพบในพืชกัญชาและกัญชง ซึ่งจะอยู่ในรูปแบบของสารไฟโตแคนนาบินอยด์ (Phyto-cannabinoids) สารเหล่านี้ทำให้เกิดผลกระทบต่อร่างกายหลายอย่าง เช่น รู้สึกสบาย ระวังปวด กระตุ้นความอยากอาหาร และต้านการอักเสบ (Braile et al., 2021) จึงมีการนำมาใช้ประโยชน์ด้านการรักษาทางการแพทย์ เช่น อาการปวดผ่อนคลายกล้ามเนื้อ ยับยั้งภูมิคุ้มกันป้องกันการอักเสบและการป้องกันระบบประสาท โดยผลลัพธ์เหล่านี้มีความสัมพันธ์กับระบบ ECS ที่พบทั่วไปในร่างกายเซลล์ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Rock et al., 2011) นอกจากนี้ยังสามารถพบได้ในสัตว์ปีก เช่น นก สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ ปลา เม่นทะเล หอย ปลิง เป็นต้น มีการแสดงลำดับนิวคลีโอไทด์ (Nucleotide) ซึ่งยีนที่เข้าจับกับตัวรับแคนนาบินอยด์นั้นจะแตกต่างกันไปสปีชีส์และวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ (McPartland et al., 2006) ระบบ ECS จะมีการกระจายไปทั่วระบบประสาทส่วนกลาง (Central Nervous System) และระบบส่วนปลาย (Peripheral nerve) มีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาต่าง ๆ ของร่างกาย คือ การควบคุมสมดุลของพลังงานในร่างกาย ผ่านทางการควบคุมของระบบประสาทส่วนกลางและระบบส่วนปลาย ซึ่งจะควบคุมการทำงานของระบบต่าง ๆ (Zou and Kumar, 2018) โดยมีกลไกการทำงานดังนี้

ระบบ ECS จะมีการผลิตสาร endocannabinoids หรือ endogenous cannabinoids เป็นสารสำคัญที่ร่างกายสร้างขึ้นและสามารถจับกับตัวรับแคนนาบินอยด์ (Cannabinoid receptor; CB receptor) ได้แก่ อนันดาไมด์ (Anandamide) (Arachidonylethanolamide; AEA) และ 2-arachidonoyl-glycerol (2-AG) จะถูกผลิตขึ้นจากขั้วระบบประสาทโพสต์ซินแนปติก (Postsynaptic) (Zou and Kumar, 2018) ซึ่งมีปฏิสัมพันธ์กับตัวรับของแคนนาบินอยด์ ได้แก่ CB1 และ CB2 ซึ่งความแตกต่างระหว่างตัวรับแคนนาบินอยด์ คือ กลไกการส่งสัญญาณ การกระจายตามส่วนต่าง ๆ ของเนื้อเยื่อ และความไวต่อตัวกระตุ้นและตัวต่อต้านบางชนิด เช่น ตัวรับ CB1 ก่อให้เกิดผลกระทบต่ออาการโหลเวียนและผลกระทบต่อจิตประสาทที่เกี่ยวข้องกับการบริโภคกัญชา (Grotenhermen, 2005) การกระจายตัวรับ CB1 ส่วนใหญ่พบในเซลล์ประสาทในสมองไขสันหลังและระบบประสาทส่วนปลาย ตลอดจนในอวัยวะและเนื้อเยื่อส่วนปลายบางชนิด รวมถึงเซลล์ภูมิคุ้มกัน ม้าม ต่อมหมวกไตและต่อมใต้สมอง หัวใจ ปอด และส่วนต่าง ๆ ของระบบสืบพันธุ์ ทางเดินปัสสาวะ และทางเดินอาหาร การทำงานของตัวรับ CB1 มีการแสดงออกอย่างมากในเยื่อหุ้มสมอง ได้แก่ สมองซีเบลลัม (Cerebellum) ฮิปโปแคมปัส (Hippocampus) และบริเวณไขสันหลัง ซึ่งตัวรับ CB1 มีบทบาทสำคัญในการควบคุม การประมวลผลหน่วยความจำ และการปรับความเจ็บปวด การแสดงออกที่ปลายของเส้นประสาทส่วนกลางและส่วนปลายซึ่งยับยั้งการปล่อยสารสื่อประสาท (Pertwee, 2008) การกระจายตัวรับ CB2 เกิดขึ้นในเซลล์ภูมิคุ้มกันรวมถึงเม็ดเลือดขาว ม้าม และต่อมทอนซิล ซึ่งแสดงออกในเซลล์ประเภทอื่น ๆ แต่มี mRNA สำหรับ CB2 มากกว่าตัวรับ CB1 ใน

ระบบภูมิคุ้มกัน มีการรายงานว่าการกระตุ้นตัวรับ CB2 ก่อให้เกิดการต่อต้านอนุมูลอิสระ (Ibrahim et al., 2018) นอกจากนี้มีการระบุไว้ว่า การถูกกระตุ้นโดยสารแคนนาบินอยด์มีผลต่อตัวรับ CB1 และ CB2 มีส่วนร่วมในการปล่อยสารสื่อประสาทจากเซลล์ประสาท presynaptic กระตุ้นการไหลเข้าของแคลเซียม (Ca^{2+}) นำไปสู่การเพิ่มความเข้มข้นของ Ca^{2+} เข้าสู่ 2-AG ในเซลล์ประสาท (Di Marzo et al., 2004) ซึ่งจะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ adenylyl cyclase ในขณะที่โปแตสเซียม (K) จะไหลออกสู่ภายนอกเซลล์ประสาท presynaptic มากขึ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเยื่อหุ้มเซลล์ เพิ่มขึ้นของปริมาณประจุไฟฟ้าเป็นลบมากขึ้น (Hyperpolarization) ส่งผลให้ลดการหลั่งสารสื่อประสาท (Neurotransmitter) (Rahman et al., 2019)

จากการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม Braile et al., (2021) กล่าวว่านอกจากสารไฟโตแคนนาบินอยด์และ ระบบ ECS แล้วยังพบสารประกอบอื่น ๆ ที่น่าสนใจ คือ แคนนาบินอยด์สังเคราะห์ (SCBs) ที่ผลิตโดยการสังเคราะห์ทางเคมี ซึ่งสารประกอบเหล่านี้มีศักยภาพการทำงานเทียบเท่ากับไฟโตแคนนาบินอยด์จากพืชกัญชาและระบบ ECS สามารถจับกับตัวรับแคนนาบินอยด์ สามารถออกฤทธิ์ต้านออกซิเดชันที่อาจเกิดขึ้นของสารแคนนาบินอยด์ในการรักษาโรคและภาวะต่าง ๆ เช่น ความผิดปกติของระบบประสาท การอักเสบ ระบบภูมิคุ้มกัน และมะเร็ง ซึ่งสาเหตุเหล่านี้กระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยา ROS เนื่องจากอนุมูลและโมเลกุลของออกซิเจนที่มีปฏิกิริยาสูง เกิดจากความเครียดของการออกซิเดชันภายในเซลล์ที่ส่งผลให้เกิดการออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน ไนเตรตและการคาร์บอนิลเลชันของโปรตีน และการออกซิเดชันของ DNA (Zhou et al., 2020) รวมถึง ซูเปอร์ออกไซด์ (Superoxide anion; $O_2^{\bullet-}$) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide: H_2O_2) และไฮดรอกซิล (Hydroxyl radical; HO^{\bullet}) (Pereira et al., 2021) การศึกษาของ Pagano et al., (2023) ได้กล่าวถึง ROS (ภาพที่ 2.7) ว่ามีบทบาทสำคัญที่บ่งบอกถึงการอักเสบของระบบประสาท การตอบสนองของภูมิคุ้มกันส่วนปลาย และกระบวนการทางพยาธิวิทยา เช่น มะเร็ง ทั้งนี้สารแคนนาบินอยด์จึงมีบทบาทสำคัญต่อการลดปฏิกิริยา ROS ด้วยคุณสมบัติของสารออกฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ โดยพืชกัญชามีผลต่อตัวรับ CB1 และ CB2 ในระบบ ECS อาจพิสูจน์ได้ว่ามีความสำคัญต่อระบบประสาทและมีแนวโน้มในการป้องกันโรคต่าง ๆ เช่น โรคที่เกี่ยวข้องกับความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน (Cheng et al., 2021) นอกจากนี้การศึกษาของ Zhang et al., (2022) พบว่า สาร THC เป็นหนึ่งในสารเมตาโบไลต์ที่มีคุณสมบัติหลายอย่างออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาคล้ายกับขมิ้นชัน (Curcumin: CUR) โดยการรักษาด้วย CUR หรือ THC ในปริมาณที่สูงจะสามารถช่วยฟื้นฟูการแสดงออกของไนตริกออกไซด์ (Nitric oxide) ที่บวมค้างหลอดเลือดการสังเคราะห์ (eNOS) และลดการเกิดปฏิกิริยา ROS



รูปที่ 2.7 สารแคนนาบินอยด์ต่อการผลิต ROS

ที่มา: Pagano et al., (2023)

สารออกฤทธิ์ THC ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีผลกระทบต่อระบบประสาทในพืชกัญชา จะถูกดูดซึมอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพผ่านการสูดดมหรือการกลืนกิน และถูกเผาผลาญในตับโดยเอนไซม์ CYP2C และ CYP3A ซึ่งเปลี่ยนเป็นเป็นสารประกอบต่าง ๆ รวมถึง 8-B-hydroxy-delta-9-THC 11-hydroxy-delta-8-THC และ THC-COOH โดยทั่วไปประมาณ 50% ของปริมาณสาร THC เริ่มต้นจะถูกกำจัดออกภายใน 72 ชั่วโมง กัญชามากกว่า 65% ถูกขับออกไปในอุจจาระในขณะที่ประมาณ 20% จะถูกขับออกทางปัสสาวะ (Ahmad and Ahmad, 1990) และจะกระจายอย่างรวดเร็วไปยังเนื้อเยื่ออื่น ๆ โดยผ่านการไหลเวียนของเลือด สาร THC ที่กินเข้าไปคือ 4% ถึง 12% และเนื้อเยื่อไขมันถูกดูดซึมอย่างรวดเร็วเนื่องจากความสามารถในการละลายในไขมันสูง และครึ่งชีวิตในพลาสมาของสาร THC คือ 1-3 วัน สำหรับผู้ใช้เป็นครั้งคราว และ 5-13 วันในผู้ใช้งานเรื้อรัง (Chayasirisobhon, 2020) เช่นเดียวกับกับรายงานของ Ashton (2001) ระบุว่าสาร THC มีคุณสมบัติละลายในไขมันได้สูง จากนั้นจะค่อย ๆ สลายกลับเข้าไปในส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย รวมถึงระบบประสาทของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเนื่องจากสาร THC จะละลายได้ดีอยู่ในไขมันและสารจะถูกกักเก็บไขมันอยู่ได้นานประมาณ 7 วัน และสลายตัวของสารจนหมดอาจใช้ระยะเวลาถึง 30 วัน ในขณะที่สมองส่วนกลาง ผลลัพธ์ของการเรียนรู้และความจำ สาร THC คงอยู่ได้นานถึง 14 วัน (Hoffman et al. 2007) การศึกษาวิจัยของ H Shahata et al., (2015) พบว่า การสัมผัสสาร THC ด้วยวิธีการสูดดม จะทำให้สารเมตาบอไลต์จากพืชกัญชาจะเข้าสู่กระแสเลือดอย่างรวดเร็วผ่านปอดโดยมีระดับสูงสุดได้ภายใน 6-10 นาที ซึ่งผลกระทบจะแตกต่างกันไปในแต่ละผู้ใช้ และคาดว่าจะอยู่ระหว่าง 10% ถึง 35% การสูดดมสาร THC โดยทั่วไปจะทำให้เกิดฤทธิ์ทางจิตที่รุนแรงกว่าเมื่อเทียบกับการกลืนกินหลังจากสูดดมความเข้มข้นสาร THC ในสมองจะสูงกว่าในเลือด ซึ่งครึ่งชีวิตในพลาสมาของ

สาร THC อยู่ที่ประมาณ 1-3 วันสำหรับผู้ใช้เป็นครั้งคราว และ 5-13 วันในผู้ใช้งานเรื้อรัง (WALL and PEREZ-REYES, 1981) สารออกฤทธิ์ CBD เข้าสู่ร่างกายคล้ายกับสาร THC แต่มีความซับซ้อนด้านเภสัชจลนศาสตร์ ความสามารถในการใช้ประโยชน์สาร CBD ในช่องปากนั้นต่ำ เนื่องจากของสารคือ อนุพันธ์ 7-COOH แบบไฮดรอกซีเลต ซึ่งถูกขับออกอย่างสมบูรณ์หรือเป็นคอนจูเกตกลูคูโรไซด์ สาร CBD สามารถเพิ่มและยับยั้งการกระตุ้น การขนส่งนิวคลีโอไซด์แบบสมมูล (GPR55) (Devinsky et al., 2014) โดยทั่วไปสาร CBD 11-45% โดยการสูดดมและ 6% จากการบริโภคในช่องปากมีการกระจายอย่างรวดเร็วในสมองเนื้อเยื่อไขมันและอวัยวะอื่น ๆ เนื่องจากมีลิโปฟิลิตีสูง สาร CBD จึงถูกไฮดรอกซีเลตเป็น 7-OH-CBD และ 7-COOH-CBD โดยเอนไซม์ไซโตโครม P450 ในตับและส่วนใหญ่ถูกขับออกทางอุจจาระ และครึ่งชีวิตในพลาสมาของ CBD คือ 18-32 ชั่วโมง

รายงานการวิจัยของ Lucas, (2018) และ Huestis, (2007) พบว่า สารออกฤทธิ์ THC หรือ CBD จะเข้าสู่กระแสเลือดอย่างรวดเร็วภายใน 3 ถึง 10 นาที หลังจากสูดดมสารออกฤทธิ์ ส่งผลให้การดูดซึมสูงขึ้นและเร็วขึ้นเมื่อเทียบกับการรับประทานในช่องปาก ความพร้อมทางชีวภาพทางระบบเฉลี่ยหลังการสูดดม คือ 10-30% สำหรับสาร THC และประมาณ 31% สำหรับสาร CBD การสูดดมหรือการดูดซึมในช่องปากช่วยลดการเผาผลาญสาร THC และ CBD ได้ต่ำประมาณ 6% เนื่องจากมีฤทธิ์ของไลโปฟิลท์ (Lipo lift) ช่วยชะลอการเผาผลาญ นอกจากนี้การศึกษาของ Mason และ McBay (1985) รายงานว่า ระดับพลาสมาหลังจากได้รับกัญชาผ่านช่องทางปากเพียงครั้งเดียวสารจะออกฤทธิ์และอยู่ภายในร่างกายประมาณ 2-3 ชั่วโมง จากสาร THC 11-OH-THC และ THC-COOH เช่นเดียวกับกับรายงานผลล่าสุดของ Goodwin et al., (2006) พบว่า การใช้น้ำมันกัญชาเป็นเวลา 5 วัน ซึ่งทั้งสาร THC และ 11-OH-THC สามารถสะสมในเนื้อเยื่อไขมันมากขึ้น ส่งผลให้มีการตกค้างอยู่ในพลาสมาเป็นเวลานาน ดังนั้นสาร THC จากไขมันจะถูกเวียนกลับเข้าสู่เลือดอย่างช้า ๆ ซึ่งเป็นขั้นตอนการขับสารแคนนาบินอยด์ออกจากร่างกาย (Hunt and Jones, 1980) ทั้งนี้การได้รับสาร THC ในปริมาณ 7.5 มิลลิกรัม ทางปากเพียงครั้งเดียว มีผลกระทบต่ออัตราการเต้นของหัวใจที่เพิ่มขึ้นประมาณ 7 ครั้ง/นาที ภายในช่วง 2.5-3.5 ชั่วโมง หลังการใช้พืชกัญชา (Kirk and De Wit, 1999)

การใช้สาร THC 10 มก.และสาร CBD 600 มก. ใช้รูปแบบแคปซูล พบว่า มีผลต่อการประมวลผลความจำ ภาพและการได้ยิน (Bhattacharyya et al. 2009) ซึ่งมีผลต่อการทำงานของระบบประสาทที่มีความสัมพันธ์กับกระบวนการทางความคิดและอารมณ์ของมนุษย์ (Bhattacharyya et al. 2009) เช่นเดียวกับกับรายงานของ Roser et al., (2009) พบว่า การใช้สาร THC และ CBD รวมกันทำให้มีผลต่อระบบประสาททำให้ประสิทธิภาพการทำงานช้าและมีอาการมึนเมาได้ (Morgan et al. 2012) ซึ่งชี้ให้เห็นถึงผลกระทบทางสรีรวิทยาของระบบประสาทที่แตกต่างกันของสาร THC และ CBD จากการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการใช้พืชกัญชามีการใช้เพื่อความผ่อนคลายมากที่สุดในทุกวันนี้ บุตร แต่ยังมีรายงานข้อมูลที่ไม่เพียงพอเกี่ยวกับผลกระทบของการใช้พืชกัญชาของมารดา ซึ่ง

รายงานของ Mourh and Rowe, (2017) พบว่า ระดับของสารออกฤทธิ์โดยเฉพาะสาร THC ที่วัดได้จากน้ำนมมารดาที่สูบบุหรี่ทุกวันละครั้ง โดย คนที่ 1 ได้รับสารเท่ากับ 105 ng/mL และคนที่ 2 ที่สูบบุหรี่ 7 ครั้งต่อวัน มีค่าเท่ากับ 340 ng/mL มีความเข้มข้นของสาร THC ในน้ำนมสูงถึง 60.3 ng/mL และคนที่สอง 7.2 ng/mL ถึง 8 เท่า แสดงให้เห็นว่าสาร THC สามารถสะสมในน้ำนมแม่ได้เนื่องจากแคนนาบินอยด์เป็นสารประกอบที่มีไขมันสูงและละลายในไขมันได้ดี ดังนั้น จึงถูกตรวจพบในน้ำนมของมนุษย์ซึ่งประกอบไขมัน 3-5% (Jeness, 1979)



ตารางที่ 2.5 ระบบ ECS ต่อการทำงานของอวัยวะส่วนอื่น ๆ ในร่างกายมนุษย์

ระบบของร่างกาย	การฤทธิ์ของ endocannabinoids
ระบบทางเดินอาหาร (Gastrointestinal system)	CB1 และ CB2 จะปรากฏในเซลล์เยื่อบุลำไส้และลดการเคลื่อนที่ของลำไส้ การหลังกรดในกระเพาะ และเพิ่มความอยากอาหาร การเปลี่ยนแปลงของยีนที่ส่งผลต่อการทำงานของเอนไซม์ที่ช่วยลดการจับของ ECS กับ CB1 ทำให้ผู้ป่วยมีความเสี่ยงต่อโรคลำไส้แปรปรวน
ระบบหัวใจและหลอดเลือด (Cardiovascular system)	CB1 และ CB2 ปรากฏทั่วไปในเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจทำให้ผลเพิ่มปริมาณเลือดที่สูบฉีดจากหัวใจ และเพิ่มความต้องการออกซิเจนของเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจ และเสี่ยงโรค หัวใจขาดเลือด (Myocardial infarction)
ตับ (liver)	CB1 และ CB2 ปรากฏค่อนข้างน้อยในเซลล์ตับ การเพิ่มขึ้นของ CB1 มีผลเพิ่มการสร้างพังผืด (Fibrogenesis) และเพิ่มการสะสมไขมันในตับ (Steatosis)
ระบบภูมิคุ้มกัน (Immune system)	การกระตุ้น CB1 และ CB2 โดยเฉพาะ CB2 มีผลลดการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกัน ลดการทำงานของ T-lymphocyte และลดการหลั่งสาร cytokines หลายชนิด เช่น Interferon gamma หรือ Interleukin
ระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ (Musculoskeletal system)	CB2 ในเซลล์กล้ามเนื้อ มีการยับยั้งการทำงานของ endocannabinoids ผ่าน CB1 เพิ่ม differentiation ของเซลล์กล้ามเนื้อ
ระบบสืบพันธุ์ (Reproductive system)	CB1 ลดการเคลื่อนที่ของอสุจิ (Sperm motility) ทั้ง CB1 และ CB2 มีผลต่อการตั้งครรภ์ และระบบสืบพันธุ์ในเพศหญิง มีผลขัดขวางการเจริญของตัวอ่อน การเคลื่อนที่ของไข่จากปีกมดลูก เสี่ยงต่อการแท้งหรือตั้งครรภ์นอกมดลูก
ระบบผิวหนัง (Skin)	CB1 และ CB2 มีผลควบคุมความสมดุลของการสร้างเซลล์ผิวหนัง ตัวอย่างเช่น การกระตุ้นการทำงานของ CB1 มีผลเพิ่มการตาย (Apoptosis) ของเซลล์ผิวหนังชั้นนอก (Epidermal keratinocytes)

ที่มา: ระพีพงศ์ และ โชษิตา (2561)

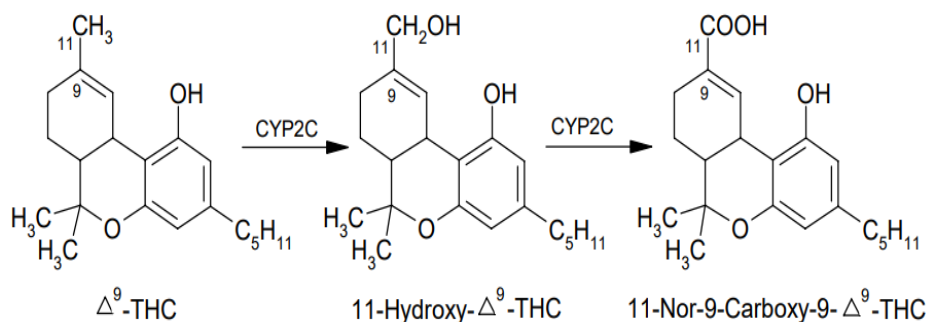
2.5 การใช้ผลิตภัณฑ์จากพืชกัญชาและกัญชงในอาหารสัตว์

พืชกัญชาและกัญชงเป็นทางเลือกใหม่ของแหล่งอาหารสัตว์ โดยการใช้ผลพลอยได้จากพืชกัญชาและกัญชง เช่น เมล็ดพืช น้ำมัน เมล็ดจากการสกัดน้ำมัน เปลือก และใบ แต่ยังมีข้อจำกัดเกี่ยวกับการดูดซึมของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่โดดเด่นของสายพันธุ์พืชกัญชา คือ สาร THC และ CBD (EFSA-FEEDAP, 2011) และผลกระทบต่อประสาทที่ทราบกันดีของสาร THC ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม นอกจากนี้ยังมีความรู้จำกัดเกี่ยวกับประสิทธิภาพทางชีวภาพของสิ่งเหล่านี้และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพอื่น ๆ ดังนั้น การปลูกพืชกัญชาและกัญชงยังเป็นสิ่งต้องห้าม เนื่องจากมีสารออกฤทธิ์ THC ที่ส่งผลกระทบต่อร่างกายทั้งมนุษย์และสัตว์ อย่างไรก็ตามกัญชงยังเป็นที่นิยมมากกว่าพืชกัญชา เพราะปริมาณสารแคนนาบินอยด์โดยเฉพาะสาร THC ซึ่งกัญชงมีปริมาณสารออกฤทธิ์น้อยกว่าพืชกัญชาจึงมีความปลอดภัยในการนำมาใช้ประโยชน์มากกว่า อย่างไรก็ตามการสัมผัสสารแคนนาบินอยด์ผ่านทางปากและการดูดซึมของสาร THC อยู่ในช่วง 6-30 % (Ashton, 2001) โดยความผันแปรขึ้นอยู่กับสปีชีส์ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม สาร THC จะถูกเผาผลาญที่ตับและได้สารเมแทบอลิต์ 11-ไฮดรอกซี-เดลตา-9-THC (11-OH-THC) ซึ่งเมแทบอลิต์นี้แสดงฤทธิ์ต่อระบบประสาทมากกว่าสารประกอบหลัก และถูกออกซิไดซ์เพิ่มเติมโดยเอนไซม์ได้ 11-nor-9-carboxy-delta-9-THC (THC-COOH) (ภาพที่ 8) หลังจากนั้นสาร THC และเมแทบอลิต์จะถูกกลูคูโรนิเดชัน (Glucuronidation) (Yamamoto et al., 1987) จะถูกสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อไขมันซึ่งจะมีความเข้มข้นสูงสุดหลังจาก 4-5 วัน เมื่อได้รับสัมผัสเพียงครั้งเดียว และอาจกระจายไปยังส่วนอื่น ๆ ของร่างกายรวมทั้งเนื้อเยื่อสมอง (Ashton, 2001) และสาร THC และสารเมแทบอลิต์จะถูกขับออกอย่างช้า ๆ ผ่านทางปัสสาวะและอุจจาระ (Maykut, 1985) และมีการขับถ่ายที่สำคัญสำหรับอนุพันธ์สาร THC ในมนุษย์ ลิง กระรอก และสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น แกะ กระบือ และโค มีความสามารถในการใช้สาร THC และมีการขับออกผ่านทางน้ำนมได้ โดยมีการตรวจสอบสารเมตาบอลิต์ด้วยวิธีมาร์กเกอร์ (marker metabolite) THC-COOH ซึ่งทดสอบในปัสสาวะของเด็กที่บริโภคนมควายที่กินอาหารที่มีกัญชา (Ahmad and Ahmad, 1990)

ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาความสนใจที่เพิ่มขึ้นเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์พืชกัญชาและกัญชง โดยเฉพาะเมล็ดกัญชงและน้ำมันกัญชงในการผลิตอาหารสัตว์ (Merenkova et al., 2020) โดยเฉพาะเมล็ดกัญชง มีวิตามิน A C และ E สูง แร่ธาตุ และเบต้าแคโรทีน ประกอบด้วยโปรตีน 20-25% คาร์โบไฮเดรต 20-30% น้ำมัน 25-35% ไฟเบอร์ที่ไม่ละลายน้ำ 10-15% (ตารางที่ 2.5) และแร่ธาตุ เช่น ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน และแคลเซียม (Deferne and Pate, 1996) นอกจากนี้ เมล็ดกัญชงมีปริมาณกรดไขมันที่จำเป็น ได้แก่ กรดไขมันโอเมก้า 6 และโอเมก้า 3 ในสัดส่วนที่สูงถึง 90% ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด (Callaway, 2004) จากการสืบค้นข้อมูลมีรายงานว่า การใช้ไขมันเมล็ดกัญชงประมาณ 4% มีกรดไขมันโอเมก้า 6 ที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางสำหรับการก่อ

ตัวของสารอีโคซานอยด์ด้านการอักเสบ ซึ่งอาจมีคุณสมบัติด้านการอักเสบได้ (Leizer et al., 2000) กรดไขมันเหล่านี้ มีประโยชน์ช่วยส่งเสริมสุขภาพในทิศทางบวกต่อลดคอเลสเตอรอล สุขภาพหัวใจ และหลอดเลือด ภูมิคุ้มกัน และการรักษาโรกระบบทางเดินอาหาร (Cheng et al., 2011) การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับพืชกัญชาและกัญชงกับเป็นแหล่งอาหารสัตว์สำหรับอุตสาหกรรมปศุสัตว์ (Salami et al., 2020) มีการศึกษาวิจัยเพิ่มมากยิ่งขึ้นเพื่อใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้ของพืชกัญชาและกัญชง เช่น การใช้เมล็ดกัญชงที่เหลือจากการสกัดน้ำมันในอาหารไก่ไข่ไม่มีผลเสียต่อประสิทธิภาพการวางไข่ ในขณะที่กรดไลโนเลอิกและกรดอัลฟาไลโนเลนิกเพิ่มขึ้นในไข่แดง และสามารถให้ได้มากถึง 20% ในอาหารไก่ไข่ (ตารางที่ 2.6) (Gakhar et al., 2010) จึงมุ่งเน้นไปที่การผลิตเมล็ดพันธุ์สำหรับโภชนาการของมนุษย์และสัตว์เป็นหลัก เพราะการมีอยู่ของกัญชาและกัญชง สามารถสร้างโอกาสในการใช้ในอาหารปศุสัตว์ใช้เป็นอาหารเสริมในอาหารสัตว์ได้ (Gakhar et al., 2012) สามารถใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้ทุกชนิด เช่น ในสัตว์ปีกสำหรับการขุนอยู่ที่ 3% ไก่ไข่ 5-7% และ 2-5% ในสุกร และในสัตว์เคี้ยวเอื้อง 5% (EFSA, 2011)

จากการศึกษา Jung et al., 2009 พบว่า สาร THC-A ซึ่งเป็นสารตั้งต้นหลักของสาร THC จะไม่ถูกเมแทบอลิซึมเป็นสาร THC ในหนู แต่อาจเกิดการดีคาร์บอกซิเลชัน (Decarboxylation) ของสาร THC-A โดยจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักในสัตว์เคี้ยว (EFSA, 2011) (Guidon and Zoller, 1999) ผลกระทบทางชีวภาพส่วนใหญ่จากการสัมผัสกับสาร THC และสารที่ออกฤทธิ์จะจับกับตัวรับตัวรับ G-โปรตีน คือ CB1 และ CB2 ซึ่งพบได้ในหนู หนูตะเภา สุนัข ลิง สุกร และมนุษย์ (Izzo et al., 2009) และสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น แกะ (Jakubovic et al., 1974) กระบือ และวัว (Ahmad and Ahmad, 1990)



รูปที่ 2.8 การเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพหลักของ THC

ที่มา: EFSA, 2011

พืชกัญชงเป็นหนึ่งในตัวเลือกใหม่ที่มีศักยภาพเป็นส่วนประกอบในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ (ตารางที่ 2.6) เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีของพืชกัญชง (ตารางที่ 2.1) จะพบว่ามีเยื่อใยพืชสูง สามารถเป็นส่วนหนึ่งของอาหารหยาบในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง มีความเป็นไปได้ที่ปริมาณ 0.5 ถึง 1.5 กก. (DM ต่อวัน) สามารถรวมอยู่ในอาหารประจำวันของโคนมได้ (EFSA, 2011) นอกจากนี้สามารถเป็นแหล่งโปรตีน ไขมัน และวัตถุดิบอาหารสัตว์ทดแทนในอาหารปศุสัตว์เพื่อทดแทนถั่วเหลือง (Klir et al., 2019) อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของระดับเมล็ดกัญชงในอาหารของวัว พบว่า ทำให้ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนโปรตีนดิบในอาหารเป็นการผลิตนมลดลง ถึงแม้ว่าเมล็ดกัญชงจะอุดมไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวก็ตามและอาจนำไปสู่ความเครียดจากการเกิดออกซิเดชันซึ่งอาจมีผลกระทบต่อสุขภาพของสัตว์และผลต่อการผลิตนม (Mierlita, 2018) เช่นเดียวกันกับการศึกษาล่าสุดของ Wagner et al., 2022 การให้อาหารโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซียน โดยใช้กัญชงหมักที่ทำจากกัญชงทั้งหมดทดแทนการใช้ข้าวโพดหมัก (ความเข้มข้นของแคนนาบินอยด์ที่ต่ำ) และการให้อาหารกัญชงหมักที่ทำขึ้น จากใบ ดอก และเมล็ดเท่านั้น (ความเข้มข้นของแคนนาบินอยด์ที่สูง) ผลการทดลองพบว่า เมื่อได้รับสารแคนนาบินอยด์ที่สูง มีผลให้ผลผลิตน้ำนมลดลง ปริมาณการรับสารเข้าไปโดยเฉลี่ยของสาร THC และ CBD คือ 1.6 ± 0.3 และ 10.7 ± 1.9 มก. ตามลำดับ ต่อน้ำหนักตัว 1 กก. ในทำนองเดียวกันทางเดินหายใจและอัตราการเต้นของหัวใจลดลงอย่างมากภายในไม่กี่ชั่วโมงในทั้งสองกลุ่ม เนื่องจากการให้อาหารของกัญชงหมักมีสารแคนนาบินอยด์ การศึกษาที่จำกัดดำเนินการในสัตว์ในห้องปฏิบัติการชี้ให้เห็นว่าหลังจากการให้สาร THC ทางหลอดเลือดดำ ทางปากหรือสูดดมทั้งสารประกอบและเมตาบอไลต์รวมถึง 11-OH-THC จะถูกกระจายในเนื้อเยื่อและอวัยวะต่าง ๆ และขับออกสู่นม (EFSA, 2011) แม้จะมีรายงานบางกรณีการทดลองเกี่ยวกับสาร THC ในอาหารสัตว์ และเทคนิคการวิเคราะห์สารออกฤทธิ์แคนนาบินอยด์ ยังมีข้อมูลการศึกษาน้อย และไม่พบการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของสารออกฤทธิ์ THC ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง อย่างไรก็ตามมีรายงาน

หลายกรณีที่อยู่ถึงการเป็นพิษในสัตว์และหากสัตว์เหล่านี้ได้รับปริมาณที่เหมาะสม จะมีผลลัพธ์ที่ดีต่อสุขภาพสัตว์ (Wagner et al., 2022)

การศึกษาการใช้กัญชงในอาหารเม็ดไม่ส่งผลกระทบต่อค่า pH ของกระเพาะหมักของแกะ (Kleinhenz et al., 2020b) ซึ่งค่า pH ในกระเพาะหมักเป็นปัจจัยสำคัญได้รับการปรับให้เหมาะสม อาจแตกต่างกันตาม แบคทีเรียในกระเพาะหมัก ซึ่งแบคทีเรียจะย่อยเยื่อใยที่ ค่า pH 6.2 ถึง 6.8 โดยแบคทีเรียเซลลูโลไลติก (cellulolytic bacteria) และแบคทีเรียที่มีก๊าซมีเทน (methanogenic bacteria) จะสามารถลดลงได้เมื่อค่า pH เริ่มลดลงต่ำกว่า 6.0 แบคทีเรียจะย่อยแป้งในสภาพแวดล้อมที่เป็นกรดมากกว่า โดยมีค่า pH อยู่ที่ 5.2 ถึง 6.0 ซึ่งโปรโตซัวบางชนิดจะลดลงเมื่อมีค่า pH ต่ำกว่า 5.5 อย่างไรก็ตามการให้อาหารควรรักษาช่วง pH ไว้ระหว่าง 5.8 ถึง 6.4 (Ishler et al., 1996) เช่นเดียวกันกับ Stevens et al., (2022) พบว่า การใช้กัญชงในอาหารอัดเม็ดไม่มีผลกระทบต่อค่า pH ในกระเพาะหมัก ซึ่งโครงสร้างอาหารยังมีเยื่อใยในอาหารต่ำเท่าไรก็ยังมีความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะกรดมากขึ้นเท่านั้น และการเปลี่ยนแปลงอาหารอย่างกะทันหัน รวมทั้งการรับอาหารที่มีความเข้มข้นสูงนำไปสู่การเกิดกรดแลคติก ที่เกิดขึ้นจากการใช้แลคเตท (lactate) และมีการสะสมของแลคเตท ส่งผลให้ค่า pH ในกระเพาะหมักลดลงจนเหลือระดับที่เป็นกรดมากขึ้น ซึ่งน้อยกว่า 5.5 pH ในกระเพาะหมัก เป็นหนึ่งในปัจจัยที่แปรผันได้มากที่สุดซึ่งอาจส่งผลต่อประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักและระดับของกรดไขมันระเหย (volatile fatty acids; VFAs) ที่ผลิตได้ (Oetzel et al., 1999) การหมักจุลินทรีย์จะผลิต VFA ได้ถึง 80 % ได้แก่ Acetic acid, Propionic acid, Butyric acid และกรดอื่น ๆ หากพิจารณาความต้องการพลังงานของสัตว์ Acetic acid ร้อยละ 50-60 ของ VFA ทั้งหมด ใช้สำหรับการสังเคราะห์กรดไขมันและเป็นสารตั้งต้นหลักสำหรับการเกิด lipogenesis ในไขมัน เนื้อเยื่อ และยังใช้สำหรับการเผาผลาญของกล้ามเนื้อและไขมันในร่างกาย การผลิตอะซิเตต (acetate) ในระดับที่เหมาะสมในกระเพาะหมักถือเป็นสิ่งสำคัญในการรักษาปริมาณไขมันนม การให้อาหารในรูปแบบหมัก อาหารข้นหรืออาหารที่มีแป้งที่ผ่านการอบด้วยความร้อนสูง เช่น การอัดเป็นก้อนหรือการทำให้เป็นเกล็ดด้วยไอน้ำ การให้อาหารที่มีส่วนประกอบของน้ำมันในปริมาณมากจะลดการผลิต Acetic acid และสร้าง Propionic acid ได้ถึง 18-20 % ของ VFA ทั้งหมด มีความเข้มข้นสูงสุดในอาหารที่มีธัญพืชสูง ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นระดับน้ำตาลในเลือดในตับ และโปรตีนที่ย่อยสลายได้จะใช้ในการสังเคราะห์แลคโตสหรือน้ำตาลในนม (Ishler et al., 1996) การศึกษางานวิจัยการรวมกัญชงไว้ในอาหารสัตว์อาจส่งผลต่อการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ ซึ่งส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของสัดส่วนของวาเลริก (Valeric) ไอโซ-บิวทีริก (Iso-butyric) ไอโซ-วาเลริก (Iso-valeric) กรดเฮกซานอิก (Hexanoic) และกรดเฮปตาโนอิก (Heptanoic) (Muller, 1987) ซึ่ง VFA เหล่านี้มีสาเหตุมาจากจำนวนประชากรในกระเพาะหมักที่เพิ่มขึ้นของแบคทีเรียเซลลูโลไลติก (เช่น *Ruminococcus albus*, *R. flavefaciens*, *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Fibrobacter succinogenes*) และกิจกรรม

ของเอนไซม์ย่อยอาหารในลำไส้เล็ก (Liu et al., 2018) นอกจากนี้ ได้รับอิทธิพลจากอาหารและการย่อยสลายของโปรตีนในกระเพาะหมัก ซึ่ง VFA เป็นผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายของการเผาผลาญของคาร์โบไฮเดรตหมักจุลินทรีย์ของอินทรีย์ในกระเพาะหมัก (Zahedifar et al., 2002) การย่อยโปรตีนที่เพิ่มขึ้นอาจเกี่ยวข้องกับสารฟลาโวนอยด์ที่มีอยู่ในพืชกัญชง อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ของสารฟลาโวนอยด์ในพืชกัญชงต้องมีการตรวจสอบเพิ่มเติม (Krebs et al., 2021) จากการสืบค้นข้อมูลการใช้สารประกอบอินทรีย์ที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพซึ่งเกิดขึ้นตามธรรมชาติในพืช (Hashemi and Davoodi, 2011) เช่น ไกลโคไซด์ (Glycosides) อัลคาลอยด์ (Alkaloids) ฟลาโวนอยด์ และน้ำมันหอมระเหย รวมถึงการนำสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในพืชกัญชาและกัญชง คือ สารแคนนาบินอยด์ (THC และ CBD) ซึ่งมีคุณสมบัติต้านจุลชีพและสารต้านอนุมูลอิสระ (Leonard, 2020) ผลการศึกษาของ Šalavardić et al. (2021) แสดงให้เห็นว่า การให้อาหารแพะด้วยพืชกัญชงไม่ได้ส่งผลต่อผลผลิตน้ำนม และมีผลกระทบต่อการต้านอนุมูลอิสระ และมีแนวโน้มที่จะส่งผลให้ค่า SCC ลดลง ด้วยคุณสมบัติของสารแคนนาบินอยด์ที่มีความสัมพันธ์กับกิจกรรมของกลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส (glutathione peroxidase; GPx) ลดลง โดยการกำจัดอนุมูลอิสระผ่านการถ่ายโอนอะตอม H หรืออิเล็กตรอนเดี่ยวจากกลุ่ม OH การกระตุ้นการสังเคราะห์เอนไซม์กำจัด ROS โดยการกระตุ้น Nrf2 ซึ่งย้ายไปยังนิวเคลียสจับกับองค์ประกอบการตอบสนองต่อต้านอนุมูลอิสระ Antioxidant response elements (AREs) และกระตุ้นเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ เช่น superoxide dismutase (SOD), Catalase (CAT) และ GPx กลไกเหล่านี้ช่วยให้สามารถต่อต้านอนุมูลอิสระและเพิ่มระบบป้องกันสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกาย (Wang et al., 2015) จึงมีผลต่อสุขภาพสัตว์ ซึ่งสัตว์ที่ให้ผลผลิตน้ำนมมักประสบปัญหาเกี่ยวกับโรคเต้านมอักเสบหรือการอักเสบของต่อมน้ำนม มักเกิดจากแบคทีเรียก่อโรคได้มากมายและก่อให้เกิดผลผลิตและคุณภาพของน้ำนมลดลง และสามารถทำให้สัตว์นั้นตายจากการติดเชื้อก่อโรคและภาวะแทรกซ้อนที่เกี่ยวข้อง (Ruegg, 2017) ในหลายกรณีที่มีอาการรุนแรง โรคเต้านมอักเสบการอักเสบของต่อม การสูญเสียเนื้อเยื่อหลังเซลล์เยื่อบุผิวของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ซึ่งระบบภูมิคุ้มกันจะทำหน้าที่ป้องกันเชื้อโรคที่เข้ามาก่อโรค (Rainard and Riollot et al., 2005) โดยการทำงานของเซลล์เม็ดเลือดขาวต่อการตอบสนองภูมิคุ้มกันอยู่ภายในโครงสร้างเต้านม (Ferrerias-Estrada et al., 2007)

ตารางที่ 2.6 ผลการใช้ประโยชน์จากพืชกัญชงในสัตว์ปีกและสัตว์เคี้ยวเอื้อง

สายพันธุ์	ระดับการเสริม	ผลลัพธ์	อ้างอิง
สัตว์ปีก			
ไก่สายพันธุ์ Bovan white อายุ 12 สัปดาห์	¹ HO: 4%, 8%, 12% ² HSC: 10%, 20%	20% น้ำหนักไข่เพิ่มขึ้น มีปริมาณกรดไขมัน n-3 ของไข่แดง ทั้งหมดเพิ่มขึ้น	Yalcin and Konca (2018)
ไก่สายพันธุ์ Lohmann Brown อายุ 12 สัปดาห์	³ HS: 3%, 6%, 9%	3% ในอาหารเพิ่มการผลิต ของแคลเซียม (Ca) และมีผลให้คอเลสเตอรอลไข่แดงลดลง	Skrivan et al. (2019)
ไก่สายพันธุ์ Bovan white อายุ 19 สัปดาห์	HSC: 10%, 20%, 30%	น้ำหนักตัวลดลงอย่างเห็นได้ชัดในทุกการรักษา	Kasula et al. (2021)
สัตว์เคี้ยวเอื้อง			
วัวตัวผู้	Full-fat HS: 9 or 14%	CLA เพิ่มขึ้น และระดับไขมันทรานส์ ไขมันอิ่มตัวในเนื้อเยื่อ ไม่มีผลกระทบต่อ DMI, ADG และลักษณะซาก	Gibb et al., (2005)
โคนม สายพันธุ์ Swedish red	HSC: 14.3, 23.3, 31.8%	14.3% ให้ผลผลิตน้ำนมสูงขึ้น และ 23.3 หรือ 31.8% ไม่มีผลกระทบต่อองค์ประกอบน้ำนม	Karlsson et al. (2010)
แพะ สายพันธุ์ Carpathian	⁴ HSO: 93 g/day	ปริมาณไขมันนมสูงขึ้นเพิ่มขึ้นใน CLA และ PUFAs ไม่มีผล ต่อผลผลิตน้ำนม	Cozma et al. (2015)

หมายเหตุ: ⁽¹⁾ oil hemp ⁽²⁾ hemp seed cake, ⁽³⁾ hemp seed, ⁽⁴⁾ oil hempseed

ที่มา: Fallahi et al. (2022)

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ (Bioactive) และการวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants) ของกัญชา

กัญชาใช้ส่วนใบรวมก้านนำมาอบด้วยตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง แล้วนำมาบดละเอียดด้วยเครื่องบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร (mm) และทำการสุ่มตัวอย่าง โดยชั่งตัวอย่าง 10 กรัม แช่ Ethanol 95% ปริมาณ 200 ml ระยะเวลา 1 วัน หลังจากนั้นกรองตัวอย่างผ่านกระดาษกรอง No. 1 ระเหยด้วยเครื่อง Rotary Evaporator แล้วนำตัวอย่างที่ได้มาเจือจาง 10 เท่า ด้วย Ethanol 95% เพื่อวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ คือ THC และ CBD โดยใช้เครื่อง Gas chromatography รุ่น GC-8890 ยี่ห้อ Agilent ตามวิธีการของ หนึ่ง เตียอำรุง (2564)

ตัวอย่างของใบรวมก้านกัญชาที่สกัดได้ตามวิธีข้างต้น นำมาตรวจสอบสารต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธีการวิเคราะห์สาร เบต้าแคโรทีน (β -carotene) DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) และ ABTS (3-ethybenzothiazoline-6-Sulfonic acid) ตามวิธีการของ Dawidowicz et al., (2021) โดยใช้เครื่อง Multiskan GO คำนวณผ่านโปรแกรม SkanIT 4.1

3.2 อาหารทดลอง

สูตรอาหารทดลองใช้อาหารผสมสำเร็จ TMR โดยมีข้าวโพดสับหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบผสมกับใบรวมก้านกัญชาในระดับ 0% 10% 20% และ 30% จากนั้นทำการสุ่มอาหาร TMR นำมาอบด้วยตู้อบลมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง แล้วนำมาบดละเอียดด้วยเครื่องบดผ่านตะแกรงขนาด 1 mm. เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธีการโดยประมาณ Proximate analysis (AOAC, 2010) โดยวิเคราะห์วัตถุแห้ง Dry matter (DM) ด้วยเครื่อง Hot air oven ที่อุณหภูมิ 100±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง วิเคราะห์เถ้า (Ash) ด้วยเครื่อง Muffle furnace โดยการเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง โปรตีนหยาบ (Crude protein, CP) โดยใช้เครื่อง KjeltacTM8100 Distillation Unit ยี่ห้อ FOSS ตามวิธีการของ macro-Kjeldahl method (AOAC, 2010) และไขมัน (Ether extract) โดยใช้เครื่อง Automatic soxhlet extraction นอกจากนี้การวิเคราะห์เยื่อใยศึกษาตามวิธีการของ Goering and VanSoest (1970) ได้แก่ เยื่อใยที่ไม่ละลายในดีเทอเจนที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber, NDF) เยื่อใยที่

ไม่ละลายในดีเทอเจนที่เป็นกรด (Acid detergent fiber, ADF) และ Acid detergent lignin, ADL โดยใช้เครื่อง Fibertec auto analyser

3.3 แผนการทดลอง

แผนการทดลองแบบ 4*4 Latin square โดยสูตรอาหารเลี้ยงแพะนมใช้อาหารผสมสำเร็จ TMR กำหนดระดับโปรตีนที่สัตว์จะได้รับ คือ 16% CP และ NDF ให้มีค่าใกล้เคียงกัน โดยให้แพะนมแต่ละกลุ่มได้รับอาหารผสมสำเร็จ TMR แบบเต็มที (*Ad libitum*) ดังนี้

กลุ่มที่ 1 = TMR1 อาหารผสมสำเร็จ TMR Control (DM basis)

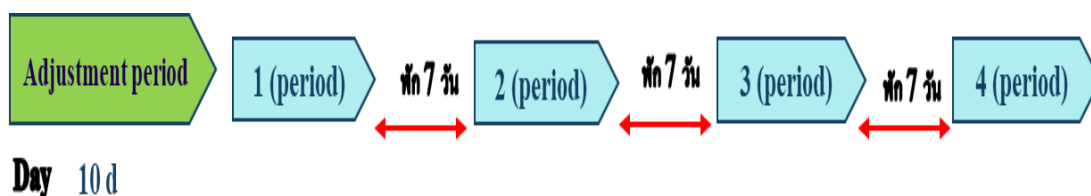
กลุ่มที่ 2 = TMR2 อาหารผสมสำเร็จ TMR ร่วมกับไบรรวมก้านกล้วยชา 10% (DM basis)

กลุ่มที่ 3 = TMR3 อาหารผสมสำเร็จ TMR ร่วมกับไบรรวมก้านกล้วยชา 20% (DM basis)

กลุ่มที่ 4 = TMR4 อาหารผสมสำเร็จ TMR ร่วมกับไบรรวมก้านกล้วยชา 30% (DM basis)

3.4 สัตว์ทดลอง

สัตว์ทดลองได้รับการอนุญาตจากสถาบันวิจัยและพัฒนา รหัสโครงการ IACUC-66-07 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา สัตว์ทดลองใช้แพะนมสายพันธุ์ลูกผสมซาเนน (Saanen) 75% เพศเมีย จำนวน 4 ตัว น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 53.0 ± 0.56 กิโลกรัม อายุ 1-2 ปี และให้น้ำนมมาแล้ว (Day in milk, DIM) เฉลี่ย 105 ± 10 วัน ปรับสัตว์เป็นระยะเวลา 10 วัน ระหว่างปรับสัตว์ทดลอง แพะทุกตัวจะได้รับยาถ่ายพยาธิชนิด Ivermectin และวิตามิน A, D₃ และ E ก่อนเข้าการทดลอง และแพะทุกตัวจะถูกสุ่มอาหารทดลองแต่ละสูตร ครบทั้ง 4 สูตร เลี้ยงช่วงระยะเวลา (Period) ละ 14 วัน พักสัตว์ก่อนเริ่ม Period ใหม่เป็นเวลา 7 วัน (รูปที่ 3.1) แพะถูกจะเลี้ยงในคอกขังเดี่ยวขนาดทั้งหมดเท่ากับ กว้าง×ยาว (2×2) เมตร แบ่งให้อาหาร 2 เวลา คือ เช้า 07.30 น. และเย็น 16.30 น. มีรางอาหารและน้ำสะอาด ก่อนแรจาดุ แยกเป็นรายตัวให้กินตลอดการปรับสัตว์และช่วงการทดลองรวมเป็นระยะเวลา 94 วัน



รูปที่ 3.1 แผนระยะเวลาการทดลอง

แพะทุกตัวผ่านการเช็ดทำความสะอาดบริเวณเต้านมแพะด้วยน้ำสะอาด ก่อนถูกรีดนมด้วยมือ 2 เวลา คือ เช้า 06.30 น. และ เย็น 16.00 น. บันทึกปริมาณน้ำนมแพะเริ่มต้นรายตัวตลอดปรับสัตว์เป็นระยะเวลา 10 วัน ทำการสูมน้ำนมดิบไปวิเคราะห์ห้องค์ประกอบน้ำนม โดยใช้เครื่อง Funke Gerber 3510 Lactostar Fat และวิเคราะห์ค่า SCC โดยใช้เครื่อง LACTOSCAN Somatic cell court using Image Cytometry ณ โรงแปรรูปมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานก่อนเข้าการทดลอง

3.5 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 น้ำหนักตัว (Body weight)

ชั่งน้ำหนักแพะเริ่มต้นและสุดท้ายของแต่ละ Period โดยบันทึกน้ำหนักแพะเป็นรายตัวเพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโต (Body weight change, BWE)

3.5.2 ปริมาณการกินได้ (Feed intake)

แพะจะได้รับอาหารทดลอง คือ ผสมสำเร็จ TMR ผสมรวมกับใบรวมก้านหญ้าใน ระดับที่แตกต่างกันทั้งหมด 4 ระดับ อาหารทดลองจะชั่งให้แพะ 4 กลุ่ม แบบรายตัวในแต่ละวัน และทำการสูมเก็บตัวอย่างอาหารเหลือจากการกินทุกวันติดต่อกัน 7 วัน แต่ละ Period ทำการบันทึกข้อมูลการกินได้ หลังจากนั้นนำมารวมกัน (Pool) เพื่อสูมเก็บอาหารหลังกินประมาณ 10% ของแต่ละกลุ่มการทดลอง เพื่อนำไปวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมี โดยวิธีการ Proximate analysis (AOAC, 2010) วิเคราะห์ NDF และ ADF (Goering and Van Soest, 1970)

3.5.3 ปริมาณน้ำนม (Milk yield) องค์ประกอบน้ำนม (Milk composition) และการวิเคราะห์จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนม (Somatic cell court; SCC)

บันทึกปริมาณน้ำนมแพะแต่ละ period แบ่งเป็น 2 เวลา คือ เช้า 06.30 น. และ เย็น 16.30 น. ตลอดการทดลองทำการสูมเก็บตัวอย่างน้ำนมดิบเป็นระยะเวลา 7 วันติดต่อกันแต่ละ Period และนำมารวมกันใส่ไว้ในขวดสีชา 250 ml เก็บไว้ในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อบรรจุตรวจหาส่วนประกอบน้ำนม ได้แก่ วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ไขมัน แลคโตส ของแข็งทั้งหมดของแข็งที่ไม่รวมไขมัน โดยใช้เครื่อง Funke Gerber 3510 Lactostar Fat และการวิเคราะห์ค่า SCC โดยใช้เครื่อง LACTOSCAN Somatic cell court using Image Cytometry ณ โรงแปรรูปมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา และวิเคราะห์ Fat corrected milk (FCM) at 3.5% กิโลกรัมต่อวัน ตามวิธีการของ Šalavardić et al., (2021) โดยใช้สูตรการคำนวณดังนี้

$$3.5\% \text{ FCM} = \text{milk yield} \times (0.634 + 0.1946 \times \text{fat})$$

3.5.4 การสุ่มเก็บตัวอย่างมูล (Feces)

สุ่มเก็บมูลแพะจากถาดรองรับมูลใต้คอกขังเดี่ยวเก็บทั้งหมดแยกรายตัว เป็นระยะเวลา 7 วันติดต่อกันแต่ละ period และนำมารวมกันเพื่อสุ่มเก็บมูล 10% ของแต่ละกลุ่มการทดลอง เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยการวิเคราะห์ Proximate analysis (AOAC, 1990) วิเคราะห์ NDF และ ADF (Goering and Van Soest, 1970) และนำไปคำนวณความสามารถในการย่อยได้ ตามวิธีการของ Schnieder and Flatt (1975) โดยใช้สูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{การย่อยได้ (\%)} = \frac{[(\text{ปริมาณการกินได้} - \text{ปริมาณมูล}) / \text{ปริมาณการกินได้}] \times 100}{}$$

3.5.5 การสุ่มเก็บตัวอย่างปัสสาวะ (Urine)

เก็บตัวอย่างปัสสาวะแพะเพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน (Nitrogen) โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ ทำความสะอาดถาดรองเก็บปัสสาวะ และเตรียมกรดซัลฟูริก (H₂SO₄) เข้มข้น 10% ประมาณ 80 ml ลงในถาดรองเก็บปัสสาวะไว้ในช่วงเย็นก่อนการเก็บตัวอย่างปัสสาวะ 1 วัน เพื่อปรับให้ปัสสาวะมีค่าความเป็นกรด - ด่าง ต่ำกว่า 2 เป็นการป้องกันการสูญเสียของแอมโมเนีย (ammonia) และวัดปริมาตรของปัสสาวะในถาดรองรับอยู่ใต้คอกเลี้ยงเดี่ยวรายตัว เป็นระยะเวลา 7 วันติดต่อกัน แต่ละ period และนำมารวมกันเพื่อสุ่มเก็บปัสสาวะ 10% แล้วนำมาเก็บไว้ที่ -20 องศาเซลเซียส เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน โดยวิธี Kjeldahl method (AOAC, 1990)

3.5.6 การศึกษาเกี่ยวกับของเหลวในกระเพาะหมัก และการวิเคราะห์กรดไขมันระเหยได้ (Volatile fatty acid)

การเก็บของเหลวในกระเพาะหมัก (Collection of rumen fluid samples) เก็บช่วงสุดท้ายของการทดลองแต่ละ period โดยสุ่มเก็บของเหลวในกระเพาะหมัก (Rumen fluid) ใช้เครื่องมือ suction pump มีสายยางพลาสติกใส ผิวเรียบ มีขนาดเท่ากับ 1.27 เซนติเมตร (cm) ความยาวเท่ากับ 1 เมตร เพื่อดูดเอาของเหลวในกระเพาะหมักออกมาประมาณ 100 - 150 mL /ตัว เริ่มการสุ่มเก็บตัวอย่าง ชั่วโมงที่ 0 ก่อนได้รับอาหารทดลอง และหลังได้รับอาหารทดลองชั่วโมงที่ 2 และ 4 ตามลำดับ หลังจากนั้นนำตัวอย่างของเหลวในกระเพาะหมักแต่ละกลุ่มทดลอง วัดค่าความเป็นกรด-ด่างทันที โดยใช้เครื่อง pH meter ที่ได้รับการปรับ (Calibrate) ด้วยการใช้ buffers ที่มีค่าความเป็นกรด - ด่าง 7.0 และ 4.0 ก่อนวัดค่า pH หลังจากนั้นนำตัวอย่างของเหลวในกระเพาะหมัก 1 mm ใส่ในหลอดทดลองชนิดมีฝาปิด (Test tube with cap) ขนาด 25 mL บรรจุด้วย formaldehyde 10% ปริมาณ 9 mL เพื่อหยุดการทำงานของจุลินทรีย์ แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วสูง 3000 รอบ/นาที เป็นเวลา 15 นาที ด้วยเครื่อง Scientific รุ่น Sorvall ST1R เก็บเฉพาะ

ส่วนของเหลวใสลงในขวดสีชา (vial with Markingspot) ขนาด 1.5 mL ปิดด้วยฝาจุกเกลียวเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส สำหรับรอนำไปวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันระเหยได้ที่สำคัญ ได้แก่ Acetic acid Propionic acid และ Butyric acid ด้วยเครื่อง Agilent Technologies 7890A Gas chromatography system (GC) และวิเคราะห์ข้อมูลผ่านโปรแกรม GC 7890 Method VFA-WAX60M-FLOW15-MANUAL.M

3.5.7 การวิเคราะห์แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ในกระเพาะหมัก

สุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวในกระเพาะหมักปริมาตร 20 mL ใส่ในหลอดทดลองชนิดมีฝาปิด (Test tube with cap) ขนาด 25 mL บรรจุด้วย 6N HCL ปริมาตร 5 mL เพื่อหยุดการทำงานของจุลินทรีย์ แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วสูง 3000 รอบ/นาที เป็นเวลา 15 นาที ด้วยเครื่อง Scientific รุ่น Sorvall ST1R เก็บเอาส่วนใส (Supernatant) ลงในขวดทดลองขนาด 25 mL ปิดด้วยฝาจุกเกลียว แล้วนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์ $\text{NH}_3\text{-N}$ โดยวิธีการกลั่นของ Bromner and Keeney (1965)

3.5.8 การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในกระแสเลือด (Blood urea nitrogen; BUN)

สุ่มเก็บตัวอย่างเลือดแพะ เก็บช่วงสุดท้ายของการทดลองแต่ละ period โดยเริ่มต้นเก็บชั่วโมงที่ 0 ก่อนให้อาหารทดลอง และหลังให้อาหารทดลองชั่วโมงที่ 2 และ 4 ตามลำดับ ใส่ในหลอดสำหรับเก็บเลือดชนิดที่มี Serum/Heparin plasma EDTA Tube ขนาด 2 mL นำตัวอย่างไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วสูง 3000 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 นาที ด้วยเครื่อง Scientific รุ่น Sorvall ST1R จะได้ส่วนที่เรียกว่าพลาสมา (Plasma) แล้วเก็บไว้ที่ -20 องศาเซลเซียส สำหรับรอนำไปวิเคราะห์ค่าปริมาณ BUN ด้วยวิธีการของ Kinetic (IFCC)

3.5.9 การวิเคราะห์ความสามารถต้านอนุมูลอิสระในกระแสเลือด

สุ่มเก็บตัวอย่างเลือดแพะก่อนให้อาหารทดลองชั่วโมงที่ 0 และหลังให้อาหารทดลองชั่วโมงที่ 2 และ 4 ตามลำดับ ใส่ในหลอดสำหรับเก็บเลือดชนิดที่มี Serum/Heparin plasma EDTA Tube (จุกม้วง) ขนาด 2 mL 100/pack นำตัวอย่างไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วสูง 3000 รอบ/นาที ด้วยเครื่อง Scientific รุ่น Sorvall ST1R เป็นเวลา 5 นาที จะได้ส่วนที่เรียกว่าพลาสมาแล้วเก็บไว้ที่ -20 องศาเซลเซียสจนถึงการวิเคราะห์ DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) และ ABTS (3-ethoxybenzothiazolone-b-Sulfonic acid) ตามวิธีการของ Dawidowicz et al., (2021) โดยใช้เครื่อง Multiskan GO การคำนวณผ่านโปรแกรม SkanIT 4.1

3.5.10 วิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษานี้วางแผนการทดลองแบบละตินสแควร์ (Latin square design; LS) ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มการทดลอง (Duncan's new multiple-range test) และวิเคราะห์แนวโน้ม

ของการตอบสนองต่อระดับของการใช้ไบรเวก้ากัญชาที่เปลี่ยนแปลงไปด้วยวิธี Polynomi trend analysis เมื่อข้อมูลในแต่ละกลุ่มการทดลองมีการแจกแจงแบบปกติ การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติจะใช้โปรแกรม Statistical Package for Social Science (SPSS) เวอร์ชัน 25

3.6 สถานที่วิจัย

สถานที่ทดลอง ณ ฟาร์มแพะแกะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ อาคารศูนย์เครื่องมือ 10 อาคารศูนย์เครื่องมือ 14 ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ห้องปฏิบัติการอาคารศูนย์เครื่องมือ 11 และโรงแปรรูปมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

3.7 ระยะเวลาการทดลอง

วันเริ่ม 15 มีนาคม พ.ศ. 2566 และวันสิ้นสุด 30 มิถุนายน พ.ศ. 2566



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผล

4.1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและสารต้านอนุมูลอิสระของใบรวมก้านกัญชา

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของใบรวมก้านกัญชามีผลการวิเคราะห์ แสดงในตารางที่ 4.1 ดังนี้ วัตถุแห้ง (DM) มีค่าเท่ากับ 91.00% โปรตีนหยาบ (CP) เท่ากับ 13.60% เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (NDF) เท่ากับ 53.45% และ เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (ADF) เท่ากับ 31.50% การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระของใบรวมก้านกัญชา พบว่า การวิเคราะห์สารประกอบแคนนาบินอยด์ ได้แก่ สาร THC มีค่าเท่ากับ 0.060 และ CBD มีค่าเท่ากับ 0.057 (%w/w) (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีและสารต้านอนุมูลอิสระของใบรวมก้านกัญชา

Items	ใบรวมก้านกัญชา
องค์ประกอบทางเคมี (% Dry matter)	
DM ¹	91.00
CP ²	13.60
NDF ³	53.45
ADF ⁴	31.50
Cannabis foliage compounds (%w/w)	
THC ⁵	0.060
CBD ⁶	0.057

หมายเหตุ (1) dry matter, (2) crude protein, (3) neutral detergent fiber, (4) acid detergent fiber, (5) delta-9 tetrahydrocannabinol, (6) cannabidiol

4.2 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและสารต้านอนุมูลอิสระของใบรวมก้าน กัญชาในสูตรอาหารทดลอง

สูตรอาหารทดลองที่ใช้ คือ อาหารผสมสำเร็จ TMR ซึ่งรวมถึงการใช้ใบรวมก้านกัญชาที่ระดับ T1 = 0% T2 = 10% T3 = 20% และ T4 = 30% (DM basis) แสดงในตารางที่ 4.1 มีผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตร ดังนี้ วัตถุแห้ง (DM) มีค่าเท่ากับ 92.20% 94.20% 94.80% และ 94.60% ตามลำดับ เถ้า (Ash) เท่ากับ 11.50% 13.70% 11.40% และ 13.70% ตามลำดับ โปรตีนหยาบ (CP) เท่ากับ 16.30% 16.60% 16.60% และ 16.30% ตามลำดับ ไขมัน (EE) เท่ากับ 1.30% 1.40% 1.40% และ 1.40% ตามลำดับ เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (NDF) เท่ากับ 60.40% 62.40% 62.40% และ 63.00% ตามลำดับ เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (ADF) เท่ากับ 46.10% 43.60% 46.80% และ 48.90% ตามลำดับ ลิกนิน (ADL) เท่ากับ 16.82% 17.08% 17.68% และ 18.54% ตามลำดับ และค่าพลังงาน (Total digestible nutrients; TDN) เท่ากับ 68.80% 66.00% 63.20% และ 60.40% ตามลำดับ โดยแพะนมทุกกลุ่มจะได้รับอาหารทดลอง TMR มีระดับ CP ในอาหารใกล้เคียงกันมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16% และเยื่อใย NDF มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 62% ตลอดระยะเวลาการทดลอง

การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระของใบรวมก้านกัญชาในสูตรอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตรพบว่า มีระดับสารต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกันตามระดับการใช้ใบรวมก้านกัญชา โดยค่าการวิเคราะห์ ABTS มีค่าเท่ากับ 52.80% 73.01% 75.33% และ 78.35% ตามลำดับ ค่าการวิเคราะห์ DPPH มีค่าเท่ากับ 66.80% 85.61% 86.08% และ 86.85% ตามลำดับ และค่าการวิเคราะห์ β -carotene ($\mu\text{g/L}$) มีค่าเท่ากับ 0.17 0.24 0.27 และ 0.29 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2) การวิเคราะห์สารประกอบแคนนาบินอยด์ ได้แก่ สาร THC และ CBD (%w/w) ในสูตรอาหารทดลองทั้ง 4 สูตรพบว่า T1 ความเข้มข้นของสาร THC และสาร CBD เท่ากับ 0 (%w/w) และ อาหารทดลอง T2 T3 และ T4 มีค่าสาร THC เท่ากับ 0.006 0.012 และ 0.072 ตามลำดับ และสาร CBD มีค่าเท่ากับ 0.0057 0.0114 และ 0.0171 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบทางเคมีของใบรวมก้านหญ้าในสูตรอาหารผสมสำเร็จ TMR และสารต้านอนุมูลอิสระของใบรวมก้านหญ้าในสูตรอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร

Items	ระดับการใช้ใบรวมก้านหญ้าในอาหารผสมสำเร็จ			
	TMR (%) ¹			
	T1	T2	T3	T4
วัตถุดิบอาหาร (% Dry matter)				
ข้าวโพดหมัก	56.5	48.0	40.0	31.5
ใบรวมก้านหญ้า	0.0	10.0	20.0	30.0
กากมันสำปะหลัง	19.0	19.0	19.0	19.0
กากถั่วเหลือง	23.0	21.5	19.5	18.0
กากน้ำตาล	1.0	1.0	1.0	1.0
ยูเรีย	0.3	0.3	0.3	0.3
แร่ธาตุ	0.2	0.2	0.2	0.2
รวม (kg/100kg)	100	100	100	100
องค์ประกอบทางเคมี (% Dry matter)				
DM ²	92.20	94.20	94.80	94.60
Ash	11.50	13.70	11.40	13.70
CP ³	16.30	16.60	16.60	16.30
EE ⁴	1.30	1.40	1.40	1.40
NDF ⁵	60.40	62.40	62.40	63.00
ADF ⁶	46.10	43.60	46.80	48.90
ADL ⁷	16.82	17.08	17.68	18.54
Total digestible nutrients	68.80	66.00	63.20	60.40

หมายเหตุ ⁽¹⁾ T1 = TMR1 (อาหารกลุ่มควบคุม) 0% (DM basis), T2 = TMR2 อาหารผสมสำเร็จ TMR ร่วมกับใบรวมก้านหญ้า 10% (DM basis), T3 = TMR3 อาหารผสมสำเร็จ TMR ร่วมกับใบรวมก้านหญ้า 20% (DM basis), T4 = TMR4 อาหารผสมสำเร็จ TMR ร่วมกับใบรวมก้านหญ้า 30% (DM basis), ⁽²⁾ dry matter, ⁽³⁾ crude protein, ⁽⁴⁾ ether extract, ⁽⁵⁾ neutral detergent fiber, ⁽⁶⁾ acid detergent fiber, ⁽⁷⁾ acid detergent lignin

ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบทางเคมีของใบรวมกัญญาในสูตรอาหารผสมสำเร็จ TMR และสารต้านอนุมูลอิสระของใบรวมกัญญาในสูตรอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร (ต่อ)

Items	ระดับการใช้ใบรวมกัญญาในอาหารผสมสำเร็จ TMR (%) ¹			
	T1	T2	T3	T4
Antioxidant (% scavenging)				
ABTS ²	52.80	73.01	75.33	78.35
DPPH ³	66.80	85.61	86.08	86.85
β-carotene (µg/L)	0.17	0.24	0.27	0.29
Cannabis foliage compounds (%w/w)				
THC ⁴	0	0.006	0.0012	0.072
CBD ⁵	0	0.0057	0.0114	0.0171

หมายเหตุ ⁽¹⁾ T1 = TMR1 (อาหารกลุ่มควบคุม) 0% (DM basis), T2 = TMR2 อาหารผสมสำเร็จ TMR ร่วมกับใบรวมกัญญา 10% (DM basis), T3 = TMR3 อาหารผสมสำเร็จ TMR ร่วมกับใบรวมกัญญา 20% (DM basis), T4 = TMR4 อาหารผสมสำเร็จ TMR ร่วมกับใบรวมกัญญา 30% (DM basis), ⁽²⁾ 2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid), ⁽³⁾ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl, ⁽⁴⁾ delta-9 tetrahydrocannabinol, ⁽⁵⁾ cannabidiol

4.3 ผลการศึกษาการใช้ใบรวมกัญญาในอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตร ต่อ อัตราการเจริญเติบโต การกินได้โภชนะ และการกินได้สารแคนนาบินอยด์ของแพะนมของแพะนม

ผลการศึกษาการกินได้ของโภชนะ (กรัมต่อวัน) เมื่อแพะนมที่ได้รับอาหารทดลอง T1 T2 T3 และ T4 พบว่า มีการกินได้ของโภชนะวัตถุดิบแห้ง (DM) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแบบ Linear Quadratic และ Cubic ($P < 0.001$) มีค่าเท่ากับ 1637.50 1634.50 1412.50 และ 1375.70 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3) แพะนมที่ได้รับอาหารทดลอง T2 มีการกินได้ของโภชนะสูงสุด และกลุ่ม T3 การกินได้มีค่าใกล้เคียงกับ T1 (กลุ่มควบคุม) และกลุ่ม T3 มีค่าต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มการทดลองทั้ง 4 กลุ่ม ส่งผลให้แพะนมมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน (กรัม) ลดลง (Quadratic, $P < 0.05$) ตามระดับการใช้ใบรวมกัญญาในอาหารทดลอง โดยแพะนมที่ได้รับอาหารทดลอง T2 มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวันสูงสุด มีค่าเท่ากับ 56.20 กรัม ในขณะที่แพะนมที่ได้รับอาหารทดลอง T3 มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวันใกล้เคียงกับ T1 (กลุ่มควบคุม) และ T4 น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นต่ำสุด (53.20 กรัม) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มการทดลองทั้ง 4 กลุ่ม

การใช้ใบรวมกัญญาในสูตรอาหารทดลอง T1 T2 T3 และ T4 มีสารแคนนาบินอยด์ที่แตกต่างกันตามระดับการเพิ่มขึ้นของใบรวมกัญญา เมื่อแพะนมได้รับอาหารทดลอง พบว่า มีการกินได้ของสารประกอบแคนนาบินอยด์ THC และ CBD พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

แบบ Linear Quadratic และ Cubic ($P < 0.001$) มีผลแปรผันจากการกินได้ใบรวมก้านหญ้า ในอาหารผสมสำเร็จ TMR ของแพะนมแต่ละกลุ่มทดลองที่แตกต่างกัน ส่งผลให้แพะนมที่ได้รับอาหารทดลอง T2 มีสารแคนนาบินอยด์มีค่าสาร THC เท่ากับ 0.09 (กรัม/วัน) และ CBD เท่ากับ 0.09 (กรัม/วัน) T3 มีค่าสาร THC เท่ากับ 0.16 (กรัม/วัน) และ CBD เท่ากับ 0.16 (กรัม/วัน) และแพะนมที่ได้รับอาหารทดลอง T4 มีค่าสาร THC เท่ากับ 0.99 (กรัม/วัน) และ CBD เท่ากับ 0.23 (กรัม/วัน)

4.4 ผลการศึกษาการใช้ใบรวมก้านหญ้าในอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตร ต่อความสามารถในการย่อยได้ของแพะนม

การใช้ใบรวมก้านหญ้าในสูตรอาหารทดลอง T1 T2 T3 และ T4 ต่อความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะ พบว่า แพะนมมีการย่อยได้ของโภชนะลดลงมีค่าแตกต่างกันทางสถิติแบบ Linear และ Quadratic ($P < 0.05$) แสดงในตารางที่ 4.3 โดยเฉพาะค่าการย่อยได้ของ DM มีค่าเท่ากับ 48.00% 55.20% 49.50% และ 48.60% ตามลำดับ และค่าการย่อยได้ ADF มีค่าเท่ากับ 30.20% 39.40% 32.20% และ 31.10% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามแพะนมที่ได้รับอาหารทดลอง T2 มีการย่อยได้ของ DM และ ADF สูงสุด ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มการทดลองทั้ง 4 กลุ่ม และแพะนมที่ได้รับอาหารทดลอง T3 และ T4 มีค่าใกล้เคียงกับ T1 (กลุ่มควบคุม) ในขณะที่การใช้ใบรวมก้านหญ้าในอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตร มีค่าการย่อยได้ของโภชนะ CP EE และ NDF ไม่พบความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มการทดลองทั้ง 4 กลุ่ม ($P > 0.05$) (ตารางที่ 4.4)

ตารางที่ 4.3 ผลของระดับการใช้ใบรวมก้านกัญชาในอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตร ต่ออัตราการเจริญเติบโต การกินได้โภชนะและการกินได้สารแคนนาบินอยด์ของแพะนม

Item	ระดับการใช้ใบรวมก้านกัญชาในอาหารผสมสำเร็จ TMR (%) ¹				SEM ²	p-Value ³		
	T1	T2	T3	T4		L	Q	C
น้ำหนักสัตว์ทดลอง								
ก่อนการทดลอง (กิโลกรัม)	53.60	54.10	54.80	54.60	0.36	0.30	0.3	0.22
น้ำหนักหลังการทดลอง (กิโลกรัม)	55.20	56.00	55.32	55.15	0.30	0.28	*	0.51
น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน (กรัม)	55.10 ^{cb}	56.20 ^a	55.80 ^b	53.20 ^d	0.48	0.30	*	0.56
การกินได้รวมเฉลี่ยต่อวัน (กรัม)	1637.50 ^a	1634.50 ^b	1412.50 ^c	1375.70 ^d	25.32	***	***	***
DMI ⁴ , g/kg BW ^{0.75}	43.70	44.10	43.50	45.10	0.82	0.27	0.1	0.24
สารแคนนาบินอยด์เฉลี่ยต่อวัน (กรัม/วัน)								
THC ⁵	0.00	0.09	0.16	0.99	0.12	***	***	***
CBD ⁶	0.00	0.09	0.16	0.23	0.06	***	***	***

หมายเหตุ: ^{a, b, c and d} = means within a row with different superscripts are significantly different, ns: not significantly different, *: significantly different, **: highly significantly different, ***: very highly significantly different, ⁽¹⁾ T1 = TMR1 (อาหารกลุ่มควบคุม) 0% (DM basis), T2 = TMR2 อาหารผสมสำเร็จ TMR ร่วมกับใบรวมก้านกัญชา 10% (DM basis), T3 = TMR3 อาหารผสมสำเร็จ TMR ร่วมกับใบรวมก้านกัญชา 20% (DM basis), T4 = TMR4 อาหารผสมสำเร็จ TMR ร่วมกับใบรวมก้านกัญชา 30% (DM basis), ⁽²⁾ standard error of mean, ⁽³⁾ probability value; L = linear, Q = quadratic, C = cubic, ⁽⁴⁾ dry matter, ⁽⁵⁾ delta-9 tetrahydrocannabinol, ⁽⁶⁾ cannabidiol

ตารางที่ 4.4 ผลของระดับการใช้ใบรวมก้านหญ้าในอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตร ต่อความสามารถในการย่อยได้ของแพะนม

Item	ระดับการใช้ใบรวมก้านหญ้าในอาหารผสม				SEM ²	p-Value ³		
	สำเร็จ TMR (%) ¹					L	Q	C
	T1	T2	T3	T4				
การย่อยได้ของโภชนะ (%)								
DM ⁴	48.00 ^d	55.20 ^a	49.50 ^{bc}	48.60 ^{cd}	1.79	**	0.56	0.62
CP ⁵	62.80	63.90	63.20	63.10	1.41	0.22	0.73	0.73
EE ⁶	96.10	98.60	98.50	98.40	2.22	0.05	0.10	0.10
NDF ⁷	51.50	53.70	53.00	52.00	1.92	0.68	0.54	0.63
ADF ⁸	30.20 ^d	39.40 ^a	32.20 ^b	31.10 ^{cd}	2.98	0.83	**	0.63

หมายเหตุ: ^{a, b, c and d} = means within a row with different superscripts are significantly different, ns: not significantly different, *: significantly different, **: highly significantly different, ***: very highly significantly different, ⁽¹⁾ T1 = TMR1 (อาหารกลุ่มควบคุม) 0% (DM basis), T2 = TMR2 อาหารผสมสำเร็จ TMR ร่วมกับใบรวมก้านหญ้า 10% (DM basis), T3 = TMR3 อาหารผสมสำเร็จ TMR ร่วมกับใบรวมก้านหญ้า 20% (DM basis), T4 = TMR4 อาหารผสมสำเร็จ TMR ร่วมกับใบรวมก้านหญ้า 30% (DM basis), ⁽²⁾ standard error of mean, ⁽³⁾ probability value; L = linear, Q = quadratic, C = cubic, ⁽⁴⁾ dry matter, ⁽⁵⁾ crude protein, ⁽⁶⁾ ether extract, ⁽⁷⁾ neutral detergent fiber, ⁽⁸⁾ acid detergent fiber

4.5 ผลการศึกษาการใช้ใบรวมก้านหญ้าในอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตร ต่อค่า pH ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะหมัก และค่าความเข้มข้นยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด (BUN) ของแพะนม ณ เวลา 0 2 และ 4 ชั่วโมง
การใช้ใบรวมก้านหญ้าในสูตรอาหารทดลอง T1 T2 T3 และ T4 ต่อค่า pH ในกระเพาะหมัก ณ เวลา 0 2 และ 4 ชั่วโมง พบว่า แพะนมก่อนได้รับอาหารทดลองมีค่า pH จากการสุ่มของเหลวในกระเพาะหมัก ณ เวลา 0 ชั่วโมง มีค่า pH เฉลี่ยเท่ากับ 6.60 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และแพะนมหลังได้รับอาหารทดลอง ณ เวลา 2 และ 4 ชั่วโมง มีค่า pH เฉลี่ยเท่ากับ 6.80 และ 7.05 ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มการทดลองทั้ง 4 กลุ่ม จึงสรุปได้ว่าการใช้ใบรวมก้านหญ้าในอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตร ไม่ส่งผลกระทบต่อค่า pH ในกระเพาะหมักของแพะนม

การใช้ใบรวมก้านหญ้าในอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตร ต่อปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะหมัก ณ เวลา 0 2 และ 4 ชั่วโมง พบว่า แพะนมมีความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน เริ่มต้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.0 (mg/dL) (ตารางที่ 4.5) และแพะนมหลังได้รับอาหารทดลอง ณ เวลา 2 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.0 (mg/dL) และความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมีค่าลด

ต่ำลง ณ เวลา 4 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.5 (mg/dL) ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม รวมถึงการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นยูเรียไนโตรเจน (BUN) ในกระแสเลือดของแพะนม ณ เวลา 0 2 และ 4 ชั่วโมง แสดงในตารางที่ 4.5 พบว่า ก่อนแพะนมจะได้รับอาหารทดลอง ณ เวลา 0 ชั่วโมง ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลอง ($P>0.05$) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 14.13 (mg/dL) และหลังแพะนมได้รับอาหารทดลอง ณ เวลา 2 และ 4 ชั่วโมง พบว่า แพะนมมีค่าความเข้มข้นของ BUN ในกระแสเลือดเพิ่มขึ้นมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 14.00 และ 14.70 (mg/dL) ตามลำดับ ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$)

4.6 ผลการศึกษาการใช้ไบรวมก้านกัญชาในอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตร ต่อความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้จากกระเพาะหมักของแพะนม ณ เวลา 0 2 และ 4 ชั่วโมง

การใช้ไบรวมก้านกัญชาในสูตรอาหารทดลอง T1 T2 T3 และ T4 ต่อความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้จากกระเพาะหมักโดยรวมมิลลิโมลาร์ (Total VFA (mL)) ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อแพะนมก่อนได้รับอาหารทดลอง ณ เวลา 0 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 80.78 mM และแพะนมหลังได้รับอาหารทดลอง ณ เวลา 2 และ 4 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 78.15 และ 76.02 mL ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7) ส่งผลให้แพะนมมีค่าเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ (VFA molar%) ได้แก่ Acetic acid Propionic acid Butyric acid และอัตราส่วนของอะซิติกต่อโพรพิโอนิก (Acetic acid/Propionic acid) ณ เวลา 0 2 และ 4 ชั่วโมง ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลองทั้ง 4 กลุ่ม ($P>0.05$) (ตารางที่ 4.7) โดยแพะนมก่อนได้รับอาหารทดลอง ณ เวลา 0 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยของ Acetic acid เท่ากับ 65.19 molar% และแพะนมหลังได้รับอาหารทดลอง ณ เวลา 2 และ 4 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 63.26 และ 64.33 molar% ตามลำดับ ความเข้มข้นของ Propionic acid ณ เวลา 0 2 และ 4 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.72 18.87 และ 19.73 molar% ตามลำดับ ความเข้มข้นของ Butyric acid ณ เวลา 0 2 และ 4 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.82 17.56 และ 15.67 molar% ตามลำดับ และความเข้มข้นของอัตราส่วนของ Acetic acid/Propionic acid ณ เวลา 0 2 และ 4 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.30 3.35 และ 3.26 molar% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7) จึงสรุปได้ว่า การใช้ไบรวมก้านกัญชาในอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตรไม่ส่งผลกระทบต่อความเข้มข้นของ Total VFA (mL) และ VFA molar% ในกระเพาะหมักของแพะนม ณ เวลา 0 2 และ 4 ชั่วโมง

4.7 ผลการศึกษาการใช้ใบรวมก้านกล้วยในอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตร ต่อกระบวนการต้านอนุมูลอิสระในเลือดแพะนม ณ เวลา 0 2 และ 4 ชั่วโมง

จากการวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระของใบรวมก้านกล้วยในสูตรอาหารทดลอง T1 T2 T3 และ T4 พบว่า แพะนมก่อนได้รับอาหารทดลองแพะมีค่าการต้านอนุมูลอิสระในเลือด (% scavenging) แสดงในตารางที่ 4.7 เมื่อวิเคราะห์ค่า ABTS ไม่พบความแตกต่าง ($P>0.05$) ณ เวลา 0 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 51.38% 52.59% 53.17% และ 53.07% ตามลำดับ และแพะนมหลังได้รับอาหาร ทดลองพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแบบ Linear Quadratic และ Cubic ($P<0.001$) เมื่อแพะที่ได้รับอาหารทดลอง T2 มีค่า ABTS ณ เวลา 2 ชั่วโมง มีค่าสูงสุดเท่ากับ 65.18% เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม T3 และ T4 มีค่าเท่ากับ 62.66% และ 61.34% ตามลำดับ และ ณ เวลา 4 ชั่วโมง พบว่า แพะนมมีค่าเพิ่มสูงขึ้นทุกกลุ่มการทดลอง มีค่าเท่ากับ 69.56% 78.06% 76.61% และ 70.08% ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่าการใช้ใบรวมก้านกล้วยในอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตร มีความสามารถต้านอนุมูลอิสระในเลือดของแพะนมสูงขึ้น และมีค่า ABTS สูงที่สุดคือกลุ่มแพะนมที่ได้รับอาหารทดลอง T2

วิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระของใบรวมก้านกล้วยในสูตรอาหารทดลอง T1 T2 T3 และ T4 พบว่า แพะนมก่อนได้รับอาหารทดลองมีค่าการต้านอนุมูลอิสระในเลือด (% scavenging) แสดงในตารางที่ 4.7 เมื่อวิเคราะห์ค่า DPPH ไม่พบความแตกต่าง ($P>0.05$) ณ เวลา 0 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 61.58% 61.88% 60.16% และ 61.57% ตามลำดับ และแพะนมหลังได้รับอาหารทดลอง พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแบบ Linear Quadratic และ Cubic ($P<0.001$) โดยแพะนมที่ได้รับอาหารทดลอง T2 มีค่า DPPH ณ เวลา 2 ชั่วโมง มีค่าสูงสุดเท่ากับ 78.09% เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม T3 และ T4 มีค่าเท่ากับ 75.50% และ 71.00% ตามลำดับ และ ณ เวลา 4 ชั่วโมง พบว่า แพะนมมีค่าเพิ่มสูงขึ้นทุกกลุ่มการทดลอง มีค่าเท่ากับ 75.00% 92.07% 86.61% และ 84.35% ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่าการใช้ใบรวมก้านกล้วยในอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตร มีความสามารถต้านอนุมูลอิสระในเลือดของแพะนมสูงขึ้น และมีค่า DPPH สูงที่สุดคือกลุ่มแพะนมที่ได้รับอาหารทดลอง T2

ดังนั้น ผลการศึกษาการใช้ใบรวมก้านกล้วยในอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตร ต่อกระบวนการต้านอนุมูลอิสระในเลือดแพะนม ณ เวลา 0 2 และ 4 ชั่วโมง ทั้งการวิเคราะห์ด้วยวิธี ABTS และ DPPH พบว่า มีความสามารถต้านอนุมูลอิสระในเลือดของแพะนมที่เพิ่มขึ้นทุกกลุ่มการทดลอง และเป็นข้อสรุปได้ว่าการใช้ใบรวมก้านกล้วยในสูตรอาหารทดลอง T2 มีประสิทธิภาพสูงสุดต่อกระบวนการต้านอนุมูลอิสระในเลือดแพะนม

ตารางที่ 4.5 ผลของระดับการใช้ใบรวมก้านหญ้าในอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตร ต่อปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะหมักและค่าความเข้มข้นไนโตรเจนในกระแสเลือดของแพะนม ณ เวลา 0 2 และ 4 ชั่วโมง

Item	ระดับการใช้ใบรวมก้านหญ้าในอาหารผสมสำเร็จ TMR (%) ¹				SEM ²	<i>p</i> - Value ³		
	T1	T2	T3	T4		L	Q	C
Ruminal pH								
0 h	6.64	6.68	6.44	6.55	0.35	0.50	0.57	0.45
2 h	6.80	6.85	7.06	6.45	0.40	0.46	0.56	0.41
4 h	6.88	7.06	7.01	7.34	0.40	0.47	0.51	0.52
NH₃-N (mg/dL)								
0 h	4.38	3.72	3.82	3.90	0.58	0.20	0.40	0.28
2 h	4.40	4.58	4.72	4.53	0.55	0.22	0.20	0.28
4 h	4.34	4.55	4.68	4.43	0.56	0.25	0.23	0.21
BUN, mg/dL⁴								
0 h	13.70	13.00	13.20	13.30	0.44	0.85	0.88	0.87
2 h	14.20	14.50	14.00	14.50	0.20	0.29	0.24	0.59
4 h	14.00	14.30	13.55	14.00	0.26	0.39	0.83	0.51

หมายเหตุ: ^{a, b, c and d} = means within a row with different superscripts are significantly different, ns: not significantly different, *: significantly different, **: highly significantly different, ***: very highly significantly different, ⁽¹⁾ T1 = TMR1 (อาหารกลุ่มควบคุม) 0% (DM basis), T2 = TMR2 อาหารผสมสำเร็จ TMR ร่วมกับใบรวมก้านหญ้า 10% (DM basis), T3 = TMR3 อาหารผสมสำเร็จ TMR ร่วมกับใบรวมก้านหญ้า 20% (DM basis), T4 = TMR4 อาหารผสมสำเร็จ TMR ร่วมกับใบรวมก้านหญ้า 30% (DM basis), ⁽¹⁾ standard error of mean, ⁽²⁾ probability value; L = linear, Q = quadratic, C = cubic, ⁽³⁾ blood urea nitrogen

ตารางที่ 4.6 ผลของระดับการใช้ไบรวมก้านกัญชาในอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตร ต่อค่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้จากกระเพาะหมักของแพะนม ณ เวลา 0 2 และ 4 ชั่วโมง

Item	ระดับการใช้ไบรวมก้านกัญชาใน				SEM ²	p - Value ³		
	อาหารผสมสำเร็จ TMR (%) ¹					L	Q	C
	T1	T2	T3	T4				
Total VFA (mL)								
0 h	70.65	71.87	70.82	71.79	9.88	0.24	0.14	0.35
2 h	77.85	78.50	77.89	78.39	8.79	0.57	0.22	0.12
4 h	75.74	76.94	75.70	75.70	8.66	0.36	0.43	0.69
Acetic acid (molar%)								
0 h	65.45	65.45	64.98	65.06	1.07	0.35	0.07	0.13
2 h	63.40	63.16	63.10	63.13	0.94	0.48	0.22	0.75
4 h	64.64	64.45	64.41	64.28	0.57	0.45	0.41	0.76
Propionic acid (molar%)								
0 h	20.40	19.51	19.81	19.47	1.96	0.42	0.43	0.41
2 h	19.20	19.35	19.46	19.18	0.86	0.35	0.22	0.47
4 h	20.36	19.49	19.43	19.96	0.92	0.48	0.89	0.93
Butyric acid (molar%)								
0 h	14.15	15.03	15.21	15.46	2.31	0.44	0.82	0.62
2 h	17.40	17.48	17.43	17.69	1.12	0.24	0.12	0.17
4 h	15.00	16.05	16.16	15.75	1.18	0.50	0.92	0.94
Acetic acid/Propionic acid								
0 h	3.21	3.35	3.28	3.34	0.32	0.36	0.68	0.05
2 h	3.30	3.26	3.24	3.29	0.17	0.27	0.14	0.39
4 h	3.17	3.31	3.31	3.22	0.58	0.37	0.20	0.21

หมายเหตุ: ^{a, b, c and d} = means within a row with different superscripts are significantly different, ns: not significantly different, *: significantly different, **: highly significantly different, ***: very highly significantly different, ⁽¹⁾ T1 = TMR1 (อาหารกลุ่มควบคุม) 0% (DM basis), T2 = TMR2 อาหารผสมสำเร็จ TMR ร่วมกับไบรวมก้านกัญชา 10% (DM basis), T3 = TMR3 อาหารผสมสำเร็จ TMR ร่วมกับไบรวมก้านกัญชา 20% (DM basis), T4 = TMR4 อาหารผสมสำเร็จ TMR ร่วมกับไบรวมก้านกัญชา 30% (DM basis), ⁽²⁾ standard error of mean, ⁽³⁾ probability value; L = linear, Q = quadratic, C = cubic

ตารางที่ 4.7 ผลของระดับการใช้ใบรวมก้านหญ้าในอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตร ต่อ กระบวนการต้านอนุมูลอิสระในเลือดแพะนม ณ เวลา 0 2 และ 4 ชั่วโมง

Item	ระดับการใช้ใบรวมก้านหญ้าในอาหาร ผสมสำเร็จ TMR (%) ¹				SEM ²	<i>p</i> - Value ³		
	T1	T2	T3	T4		L	Q	C
	ABTS (% scavenging)⁴							
0 h	51.38	52.59	53.17	53.07	0.90	0.97	0.70	0.19
2 h	60.87 ^d	65.18 ^a	62.66 ^b	61.34 ^c	3.24	***	0.45	0.85
4 h	69.56 ^d	78.06 ^a	76.61 ^b	70.08 ^c	4.23	***	***	***
DPPH (% scavenging)⁵								
0 h	61.58	61.88	60.16	61.57	1.61	0.77	0.41	0.53
2 h	69.89 ^d	78.09 ^a	75.50 ^b	71.00 ^c	3.14	***	***	***
4 h	75.00 ^d	92.07 ^a	86.61 ^b	84.35 ^c	2.39	***	***	***

หมายเหตุ: ^{a, b, c and d} = means within a row with different superscripts are significantly different, ns: not significantly different, *: significantly different, **: highly significantly different, ***: very highly significantly different, ⁽¹⁾ T1 = TMR1 (อาหารกลุ่มควบคุม) 0% (DM basis), T2 = TMR2 อาหารผสมสำเร็จ TMR ร่วมกับใบรวมก้านหญ้า 10% (DM basis), T3 = TMR3 อาหารผสมสำเร็จ TMR ร่วมกับใบรวมก้านหญ้า 20% (DM basis), T4 = TMR4 อาหารผสมสำเร็จ TMR ร่วมกับใบรวมก้านหญ้า 30% (DM basis), ⁽²⁾ standard error of mean, ⁽³⁾ probability value; L = linear, Q = quadratic, C = cubic, ⁽⁴⁾ 2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid), ⁽⁵⁾ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl



4.8 ผลการศึกษาการใช้ใบรวมก้านหญ้าในอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตร ต่อปริมาณและองค์ประกอบทางเคมีนํ้านม และค่าโซมาติกเซลล์ของแพะนม

การใช้ใบรวมก้านหญ้าในสูตรอาหารทดลอง T1 T2 T3 และ T4 พบว่า มีปริมาณนํ้านม ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Linear, $P < 0.05$) แสดงในตารางที่ 4.8 โดยแพะนมที่ได้รับสูตรอาหารทดลอง T2 มีค่าปริมาณนํ้านมสูงกว่า แพะนมที่ได้รับอาหารทดลอง T1 (กลุ่มควบคุม) และ T3 และ T4 มีปริมาณนํ้านมต่ำสุดตามลำดับ และส่งผลให้แพะนมมีองค์ประกอบทางเคมีของนํ้านมแพะ (กรัมต่อวัน) ได้แก่ ไขมัน โปรตีน แลคโตส Solids not fat และ Total solids พบความแตกต่างทางสถิติ (Linear, $P < 0.05$) โดยเฉพาะปริมาณไขมัน มีค่าเท่ากับ 32.50 30.20 32.20 และ 41.50 กรัมต่อวัน ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการใช้ใบรวมก้านหญ้าในสูตรอาหารทดลอง ไม่ส่งผลกระทบต่อ การวิเคราะห์ค่า fat-corrected milk 3.5% (FCM) กรัมต่อวัน พบความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบระหว่าง กลุ่มการทดลองทั้ง 4 กลุ่ม ($P > 0.05$) เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีของนํ้านม (เปอร์เซ็นต์; %) พบว่า แพะนมมีค่าองค์ประกอบของนํ้านมไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีปริมาณไขมันเฉลี่ยเท่ากับ 3.37% โปรตีนเฉลี่ยเท่ากับ 3.50% แลคโตส เฉลี่ยเท่ากับ 4.27% SNF เฉลี่ยเท่ากับ 8.65% และ TS เฉลี่ยเท่ากับ 12.05%

การใช้ใบรวมก้านหญ้าในสูตรอาหารทดลอง T1 T2 T3 และ T4 ต่อ ค่า SCC ของแพะนม พบว่า แพะนมหลังได้รับอาหารทดลอง TMR ทั้ง 4 สูตร ให้ผลลัพธ์เชิงบวกต่อการลดลงของค่า SCC 10^3 cells/mL (Cubic, $P < 0.001$) โดยมีค่าเท่ากับ 460.00 305.30 327.00 และ 324.70 ตามลำดับ แพะนมที่ได้รับอาหารทดลอง T2 มีค่า SCC ลดลงต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มการทดลอง T3 และ T4 เนื่องจากแพะนมที่ได้รับอาหารทดลอง T2 มีการกินได้ การย่อยได้ของโภชนะได้สูงกว่าแพะนมกลุ่มการทดลองอื่น ซึ่งอาจส่งผลให้การกินได้ของสารแคนนาบินอยด์สูงขึ้น รวมถึงผลของการต้านอนุมูลอิสระในเลือดสูงสุด จึงส่งผลให้แพะนมที่ได้รับอาหารทดลอง T2 มีค่า SCC ลดต่ำลงได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

ตารางที่ 4.8 ผลของระดับการใช้ใบรวมก้านกล้วยชาในอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตร ต่อปริมาณและองค์ประกอบทางเคมีน้ำนม และค่า SCC ของแพะนม

Item	ระดับการใช้ใบรวมก้านกล้วยชาในอาหารผสมสำเร็จ TMR (%) ¹				SEM ²	p- Value ³		
	T1	T2	T3	T4		L	Q	C
องค์ประกอบทางเคมีน้ำนม								
ปริมาณน้ำนม, kg/day	1.00 ^{ab}	1.10 ^a	0.80 ^c	0.60 ^d	0.57	**	0.36	0.22
3.5% FCM ⁴ , kg/day	1.30 ^b	1.42 ^a	1.03 ^c	0.81 ^d	0.31	**	**	**
ไขมัน (%)	3.20	3.40	3.40	3.50	0.27	0.30	0.13	0.73
โปรตีน (%)	3.50	3.50	3.60	3.50	0.10	0.65	0.40	0.42
แลคโตส (%)	4.20	4.30	4.40	4.20	0.12	0.61	0.40	0.43
solids not fat (%)	8.30	8.70	9.60	8.00	0.22	0.61	0.14	0.70
total solids (%)	11.50	12.20	13.00	11.50	0.25	0.96	0.31	0.40
SCC, x 10 ³ cells/mL ⁴	460.00 ^a	305.30 ^d	327.00 ^{bc}	324.70 ^c	31.60	0.77	0.70	***

หมายเหตุ: a, b, c and d = means within a row with different superscripts are significantly different, ns: not significantly different, *: significantly different, **: highly significantly different, ***: very highly significantly different, ⁽¹⁾ T1 = TMR1 (อาหารกลุ่มควบคุม) 0% (DM basis), T2 = TMR2 อาหารผสมสำเร็จ TMR ร่วมกับใบรวมก้านกล้วยชา 10% (DM basis), T3 = TMR3 อาหารผสมสำเร็จ TMR ร่วมกับใบรวมก้านกล้วยชา 20% (DM basis), T4 = TMR4 อาหารผสมสำเร็จ TMR ร่วมกับใบรวมก้านกล้วยชา 30% (DM basis), ⁽²⁾ standard error of mean, ⁽³⁾ probability value; L = linear, Q = quadratic, C = cubic, ⁽⁴⁾ fat-corrected milk 3.5% FCM= milk yield x (0.634 + 0.1946 x fat)

4.9 การอภิปรายผล

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองรวมกับไบรวมก้านกัญชา (*Cannabis sativa* L.) ในระดับ T1 = 0% T2 = 10% T3 = 20% และ T4 = 30% (DM basis) ทั้ง 4 สูตร มี CP ในอาหารใกล้เคียงกันโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16% และเยื่อใย NDF มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 62% การเพิ่มขึ้นของไบรวมก้านกัญชาในอาหารผสมสำเร็จ TMR ที่ระดับที่แตกต่างกันมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของคุณค่าทางโภชนาการเยื่อใย NDF ADF และ ADL เนื่องจากพืชกัญชามีการปลูกเพื่อใช้ประโยชน์เส้นใยจากพืช (Mignoni, 1997) ซึ่งในปัจจุบันการศึกษาการใช้ประโยชน์จากพืชกัญชามีน้อยที่ใช้เป็นองค์ประกอบในอาหารเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง อย่างไรก็ตามการศึกษาพืชใกล้เคียง เช่น การศึกษาใช้พืชกัญชง (*Cannabis sativa* L.) การเสริมกากเมล็ดพืชกัญชงที่ระดับ 0% 28% และ 56% (DM basis) พบว่า CP และเยื่อใย NDF เพิ่มขึ้นตามระดับการเสริม (krebs et al., 2021) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Abrahamsen et al., (2021) พบว่า การเสริมเมล็ดพืชกัญชงที่ระดับ 0% 11% 22% และ 33% ในอาหารผสมสำเร็จ TMR สำหรับเลี้ยงแพะเนื้อมีความเข้มข้นของ CP เพิ่มขึ้นสูงสุด 20% และค่าเยื่อใย NDF ADF และ ADL มีค่าสูงสุด 42.80% 30.97% และ 7.02% ตามลำดับเมื่อเสริมที่ระดับสูงสุด 33%

การใช้ไบรวมก้านกัญชาในสูตรอาหารทดลอง T2 T3 และ T4 พบว่า มีสารประกอบแคนนาบินอยด์ที่มีความเข้มข้นของสาร THC และสาร CBD (%w/w) แสดงในตารางที่ 4.1 โดยสาร THC มีค่าเท่ากับ 0.063 0.126 และ 0.189 ตามลำดับ และสาร CBD มีค่าเท่ากับ 0.0067 0.0134 และ 0.0201 ตามลำดับ ซึ่งมีสารประกอบแคนนาบินอยด์เพิ่มขึ้นตามระดับการใช้ไบรวมก้านกัญชาในสูตรอาหารทดลอง อย่างไรก็ตามการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ระดับความเข้มข้นของสาร THC มีปริมาณสารที่ต่ำ เมื่อเทียบกับกฎหมายควบคุมระดับสากล (0.2-0.3 % by dry weight) (Small et al., 2016) และในประเทศไทยมีข้อบังคับใช้ตามพระราชบัญญัติ (พ.ร.บ.) ยาเสพติดให้โทษ พ.ศ.2522

การกินได้ของโภชนาการ (กรัมต่อวัน) ของ DM พบว่า แพะนมมีการกินได้ของโภชนาการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) เมื่อแพะนมได้รับไบรวมก้านกัญชาในอาหารทดลอง T2 T3 และ T4 ตามลำดับ โดยแพะนมที่ได้รับอาหารทดลอง T2 มีการกินได้ของโภชนาการสูงสุด แตกต่างจากแพะนมที่ได้รับอาหารทดลอง T3 มีค่าใกล้เคียงกับ T1 (กลุ่มควบคุม) และกลุ่ม T4 การกินได้ของโภชนาการต่ำที่สุดเนื่องจากอิทธิพลจากองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองที่มีระดับการใช้ไบรวมก้านกัญชาเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีค่าเยื่อใยสูง (NDF ADF และ ADL) จึงมีผลต่อการกินได้ของโภชนาการที่ลดลง และส่งผลกระทบให้การย่อยได้ของแพะนมมีการย่อยได้ของโภชนาการ DM และ ADF ลดลง ($P < 0.05$) (ตารางที่ 4.4) ตามลำดับ ซึ่งการมีโภชนาการเยื่อใย NDF และ ADF ที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์ต่อการย่อยได้ของสัตว์เคี้ยวเอื้องลดลง (Mertens, 1997) เนื่องจากเป็นส่วนประกอบโครงสร้างของผนังเซลล์พืชที่สัตว์สามารถย่อยได้น้อย (Abrahamsen et al., 2021) รวมถึง ADL เป็นโพลีเมอร์อินทรีย์ที่ซับซ้อนพบในผนังเซลล์พืช และถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์เซลล์ลูโลสและเฮมิเซลล์ลูโลสได้น้อยในกระเพาะหมักจึงมี

ความสัมพันธ์เชิงลบต่อความสามารถในการย่อยได้ (Abrahamsen et al., 2021) อย่างไรก็ตามการใช้ใบรวมก้านหญ้าในอาหารทดลองมีการย่อยได้ของโภชนะ CP EE และ NDF ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) นอกจากนี้มีการกล่าวถึงสารชีวมวลของพืชหญ้าที่มีสารทุติยภูมิหลายชนิดรวมถึงสารแคนนาบินอยด์อาจส่งผลกระทบต่อไมโครไบโอมในกระเพาะรูเมน (Rumen microbiome) ในระหว่างการย่อยอาหาร (Vastolo et al., 2021) ซึ่งผลกระทบของกระเพาะหมักต่อสารแคนนาบินอยด์อาจถูกย่อยสลายด้วยแบคทีเรียในกระเพาะหมัก ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารแคนนาบินอยด์ที่สามารถดูดซึมได้ (Kleinhenz et al., 2020a) อย่างไรก็ตามต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมความสัมพันธ์ของสารแคนนาบินอยด์ในพืชหญ้าต่อความสามารถย่อยได้ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งผลกระทบเหล่านี้ส่งผลให้แพะนมมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) พบว่า เมื่อแพะนมได้รับอาหารทดลอง T2 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวันสูงสุด (56.20 กรัมต่อวัน) ในขณะที่แพะนมได้รับอาหารทดลอง T3 มีค่าใกล้เคียงกับกลุ่ม T1 และแพะนมที่ได้รับอาหารทดลอง T4 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวันต่ำสุด (53.20 กรัมต่อวัน) (ตารางที่ 4.3) การใช้ใบรวมก้านหญ้าในสูตรอาหารเลี้ยงแพะนมมีความเกี่ยวข้องจากระดับของเยื่อใยที่เพิ่มขึ้นซึ่งมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต (Abrahamsen et al., 2021) เนื่องจากความเข้มข้นของเยื่อใยสูง อาจส่งผลต่อการย่อยและการใช้สารอาหารโดยสัตว์ได้น้อยลง คาดว่าจะเกิดจากองค์ประกอบโครงสร้างของพืช เช่น เซลลูโลสและลิกนิน ที่มีความทนทานต่อการสลายตัวของเอนไซม์ในระบบย่อยอาหารของสัตว์ทำให้การย่อยได้ต่ำจึงมีผลต่อการเจริญเติบโต (Kleinhenz et al., 2020a)

ซึ่งมีความสำคัญต่อการหมักและการเผาผลาญโปรตีนในกระเพาะหมัก และ NH_3 จะถูกถ่ายโอนไปยังกระแสเลือด ส่งเข้ามาที่ตับเพื่อการขับสารพิษซึ่งจะได้รับสารไนโตรเจนและถูกขับออกทางปัสสาวะ (Hristov et al., 2004) ซึ่งการใช้ใบรวมก้านหญ้าในสูตรอาหารทดลองมีการขับออกของค่า Urinary N ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เนื่องจากปริมาณ NH_3 ในกระเพาะหมัก ณ เวลา 0 2 และ 4 ชั่วโมง มีปริมาณ NH_3 ในกระเพาะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อแพะได้รับอาหารทดลองสูตร T1 T2 T3 และ T4 มีความเข้มข้นของ NH_3 เริ่มต้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.0 mg/dL (ตารางที่ 4.6) และแพะนมหลังได้รับอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตร ณ เวลา 2 และ 4 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.0 และ 4.5 mg/dL ตามลำดับ และการสลายโปรตีนในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้องเปลี่ยนเป็น NH_3 จะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดและสามารถเปลี่ยนเป็นยูเรียเพิ่มระดับยูเรียไนโตรเจนในเลือด (BUN) (Karimizadeh et al., 2017) ส่งผลให้ความเข้มข้นของ BUN ของแพะนมก่อนได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร ณ เวลา 0 ชั่วโมง ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลอง ($P>0.05$) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 14.13 mg/dL และแพะนมหลังได้รับอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตร ณ เวลา 2 และ 4 ชั่วโมง พบว่า มีค่าความเข้มข้นของ BUN ในกระแสเลือดเพิ่มสูงขึ้นเฉลี่ย 14.00 และ 14.70 mg/dL ตามลำดับ นอกจากนี้

การเพิ่มขึ้นของระดับ BUN ขึ้นอยู่กับการสลายตัวของโปรตีนจากเอนไซม์ Creatine kinase ตามที่ Abrahamsen et al., (2021) ได้กล่าวไว้ว่าระดับโปรตีนและพลังงานของอาหารที่เพิ่มขึ้นอาจมีบทบาทในการเปลี่ยนแปลงของระดับ BUN และเอนไซม์ Creatine kinase เพิ่มขึ้น ดังนั้น เมื่อสัตว์ได้รับ CP มากขึ้นในอาหารปริมาณไนโตรเจนในเลือดจะเพิ่มขึ้นซึ่งนำไปสู่ระดับ BUN ที่สูงขึ้น การใช้ไบรเวอรัมก้านกัญชาในอาหารทดลองมีค่า BUN เกิดการเปลี่ยนแปลงที่อยู่ในช่วงค่าปกติ 9-24 mg/dL (Kleinhenz et al., 2020) จึงไม่ผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ CP จากอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร

การศึกษาค่า pH ในกระเพาะหมักเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งของสัตว์เคี้ยวเอื้อง เนื่องจากจะส่งผลต่อรูปแบบการหมัก เมื่อแพะนมได้รับอาหารทดลอง T1 T2 T3 และ T4 พบว่า ค่า pH ในกระเพาะหมัก ณ เวลา 0 ชั่วโมง ก่อนได้รับอาหารทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.60 และแพะนมหลังได้รับอาหารทดลอง ณ เวลา 2 และ 4 ชั่วโมง มีค่า pH เฉลี่ยเท่ากับ 6.80 และ 7.05 ตามลำดับ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ในกระเพาะหมักไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ เวลา 0 2 และ 4 ชั่วโมง ($P>0.05$) เป็นค่า pH ที่อยู่ในช่วงปกติของสภาพแวดล้อมในกระเพาะหมักที่แบคทีเรียสามารถย่อยสลายเซลลูโลส ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนที่พบในผนังเซลล์พืช อย่างไรก็ตาม แบคทีเรียจะย่อยสลายเยื่อใยที่ค่า pH 6.2 ถึง 6.8 (Monteiro และ Faciola, 2020) โดยทั่วไปอาหารหยาบที่มีเยื่อใย NDF สูง ($>40\%$) จะมีผลต่อการเพิ่มการเคี้ยวเอื้อง การหลั่งน้ำลาย ส่งผลให้ค่า pH ในกระเพาะหมักมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารที่มีเยื่อใยที่ต่ำ (Krebs et al., 2021) เมื่อมีค่า pH ลดลงต่ำกว่า 6.0 แบคทีเรียจะย่อยสลายแป้งในสภาพแวดล้อมที่เป็นกรดมากขึ้น โดยมีค่า pH อยู่ที่ 5.0 เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่แบคทีเรียบางชนิดเจริญเติบโต อย่างไรก็ตาม ค่า pH ที่เหมาะสมสำหรับแบคทีเรียส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 4 ถึง 7 (Monteiro และ Faciola, 2020) การใช้ไบรเวอรัมก้านกัญชาในอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตร จึงไม่มีผลต่อค่า pH ในกระเพาะหมักของแพะนมเนื่องจากมีค่า pH ที่เหมาะสมต่อการหมักย่อยของแบคทีเรียสำหรับการเจริญเติบโตและการย่อยสลายอาหาร ซึ่งจะได้เป็นแหล่งพลังงานสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องที่สำคัญ คือ กรดไขมันระเหย (VFA) เป็นผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายของการหมักโดยแบคทีเรียในกระเพาะหมักจะผลิตได้ Acetic acid Propionic acid Butyric acid และ คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide; CO_2) (Matthews et al., 2018) เมื่อแพะได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร ไม่พบว่า ความเข้มข้นของ VFA แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ณ เวลา 0 2 และ 4 ชั่วโมง จากการได้รับอิทธิพลองค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่แพะนมได้รับโดยเฉพาะประเภทของคาร์โบไฮเดรต (NDF ADF และ ADL) เนื่องจากมีการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตมากที่สุดตามทฤษฎีประมาณ 50% ของอาหาร ในขณะที่โปรตีนและไขมันมีส่วนทำให้เกิดอินทรีย์วัตถุ (OM) เท่ากับ 10-30% และเปลี่ยนให้เป็น Acetic acid ที่ผลิตได้เพียง 40-80% Butyric acid 10-20% และ Propionic acid 10-45% (Blasco et al., 2020) นอกจากนี้ผลกระทบต่อระดับ ADL ที่เพิ่มขึ้นในอาหารอาจมีผลกระทบต่ออาการหมัก (Abrahamsen et al., 2021) เนื่องจาก ADL มีการย่อยสลายได้ยากโดยแบคทีเรียเซลลูโลสไลติกแบคทีเรีย เช่น *Ruminococcus*.

albus, *R. flavefaciens*, *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Fibrobacter succinogenes* (Liu et al., 2018) นอกจากการไบรรวมก้านกล้วยในสูตรอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร อาจมีส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนที่พบในผนังเซลล์ของพืช คือ เพกติน (Pectin) ซึ่งจะถูกเผาผลาญในกระเพาะหมักโดยแบคทีเรีย *Lachnospira multiparus* และ *Prevotella ruminicola* เป็นแบคทีเรียย่อยสลายเพกตินที่สำคัญในกระเพาะหมัก เพื่อนำไปสร้างเป็น Acetic acid และเป็นแหล่งพลังงานให้แก่สัตว์เคี้ยวเอื้อง (Matthews et al., 2018)

การศึกษาการต้านอนุมูลอิสระในเลือด (% scavenging) ของแพะนม พบว่า การใช้ไบรรวมก้านกล้วยในอาหารทดลอง T1 T2 T3 และ T4 ให้ผลลัพธ์เชิงบวกต่อกระบวนการต้านอนุมูลอิสระในเลือดของแพะนมที่เพิ่มสูงขึ้นแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.001$) เมื่อแพะนมได้รับอาหารทดลอง T2 มีค่าความสามารถต้านอนุมูลอิสระได้สูง ณ เวลา 2 ชั่วโมง เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี ABTS มีค่าเท่ากับ 62.66% และเพิ่มขึ้นสูงสุด ณ 4 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 78.06% เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม T3 และ T4 และกลุ่มที่ไม่ได้รับการใช้ไบรรวมก้านกล้วย (T1) มีการต้านอนุมูลอิสระในเลือดแพะนมต่ำสุด การใช้ไบรรวมก้านกล้วยในอาหารทดลองมีการต้านอนุมูลอิสระในเลือดแพะนมได้สูงเมื่อพิจารณาจากการแสดงค่า TBARS ที่สูงนำไปสู่การทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระได้มากขึ้น (Giri et al., 2018) เช่นเดียวกับกับการวิเคราะห์ค่า DPPH พบว่า แพะนมได้รับอาหารทดลอง T2 มีค่า DPPH สูง ณ เวลา 2 ชั่วโมง เท่ากับ 78.09% และเพิ่มสูงสุด ณ เวลา 4 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 92.07% ($P < 0.001$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม T3 และ T4 และกลุ่มที่ไม่ได้รับการใช้ไบรรวมก้านกล้วย (T1) มีการต้านอนุมูลอิสระในเลือดแพะนมได้ต่ำสุด ซึ่งความสามารถต้านอนุมูลอิสระที่เพิ่มสูงทั้งสองวิธีการมีผลมาจากการใช้ไบรรวมก้านกล้วยมีสารแคนนาบินอยด์ในอาหารทดลองที่ระดับแตกต่างกัน (ตารางที่ 4.2) ของสารประกอบแคนนาบินอยด์ THC และ CBD เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ทำปฏิกิริยาเข้าจับกับตัวรับแคนนาบินอยด์ (CB1 และ CB2) ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติซึ่งมีอยู่ในเยื่อหุ้มเซลล์ทั่วร่างกายของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Zou และ Kumar, 2018) มีฤทธิ์ทำให้ร่างกายรู้สึกสบาย ระงับปวด กระตุ้นความอยากอาหาร และต้านการอักเสบ (Braille et al., 2021) จึงมีผลช่วยยับยั้ง ป้องกันการอักเสบ และการป้องกันระบบประสาท และส่งเสริมการทำงานของระบบภูมิคุ้มที่ดี (Rock et al., 2011) และสามารถออกฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน มีบทบาทสำคัญต่อการลดปฏิกิริยาของ ROS ด้วยคุณสมบัติของสารออกฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมีกลไกการออกซิเดชันที่ซับซ้อนที่เกี่ยวข้องกับการก่อตัวของอนุมูลอิสระให้มีความเสถียรภาพของอนุพันธ์ จึงส่งผลให้แพะนมมีสารต้านอนุมูลอิสระในเลือดได้สูงขึ้น และส่งผลกระทบบให้แพะนมมี ค่า SCC ที่ลดลง ($P < 0.001$) พบว่า แพะนมที่ได้รับอาหารทดลอง T2 มีค่า SCC ลดลงได้มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มแพะนมได้รับอาหารทดลอง T3 และ T4 โดยมีค่า SCC อยู่ในระดับดีมากตามมาตรฐานกำหนด คือ น้อยกว่า 7×10^5 cells/mL (มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกอช. 6006 พ.ศ 2551) เป็นอีกหนึ่งตัวชี้วัดในด้านสุขภาพสัตว์ เนื่องจากค่า SCC ที่เพิ่มขึ้นเป็นการบ่งบอกถึงปัญหาของการติดเชื้อโรคเต้านมอักเสบ

หรือการอักเสบของต่อมน้ำนมสาเหตุเกิดจากการติดเชื้อของแบคทีเรีย (Ruegg, 2017) เช่น การติดเชื้อแบคทีเรียกลุ่ม *Streptococcus spp. coagulase negative staphylococci* (CNS) *Staphylococcus aureus* และ *Corynebacterium bovis* (Ajariyakhajorn et al., 2003) ซึ่งทำให้เกิดการอักเสบจากการสร้างปฏิกิริยา ROS มากเกินไปและความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันภายในเซลล์ (Cheng et al., 2021) มีผลทำให้เซลล์เยื่อผิวของเต้านมอักเสบซึ่งมีความสำคัญต่อการผลิตน้ำนมที่ลดลงได้ (Hue-Beauvais et al., 2021)

การใช้ไบรเวรเมก้านักญาในอาหารทดลองสูตร T2 T3 และ T4 หรือการใช้ที่ระดับ 10% 20% และ 30% (DM basis) ตามลำดับ พบว่า ระดับการเพิ่มขึ้นของไบรเวรเมก้านักญา มีโภชนะเยื่อใยเพิ่มขึ้น ส่งผลให้การกินได้และความสามารถย่อยได้ลดลง ซึ่งมีผลกระทบต่อผลผลิตน้ำนมที่ลดลง ($P < 0.05$) (ตารางที่ 4.8) โดยแพะนมที่ได้รับอาหารทดลอง T2 มีปริมาณน้ำนมใกล้เคียงกับกลุ่ม T1 (กลุ่มควบคุม) และมีปริมาณน้ำนมสูงกว่ากลุ่ม T3 และ T4 ซึ่งอาหารหยาบสูงจะส่งผลให้ปริมาณน้ำนมลดลง เนื่องจากการย่อยได้ของโภชนะที่ต่ำซึ่งมีผลต่อการสังเคราะห์ส่วนประกอบของน้ำนม (Bruhn, 2003) แหล่งอาหารไขมันและเยื่อใยที่เพิ่มขึ้น (NDF และ ADF) ในอาหารทดลอง ซึ่งเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต จะถูกย่อยสลายในกระเพาะหมักและผลิตได้ Acetic acid เป็นแหล่งพลังงานที่ถูกนำไปสร้างไขมัน น้ำตาล ในน้ำนม นอกจากนี้แพะนมมีการย่อยสลายโปรตีนไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก นำไปสู่กระบวนการเปลี่ยนไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม คือ โปรตีน (Firkins et al., 2007) การใช้ไบรเวรเมก้านักญาในอาหารผสมสำเร็จ TMR ทั้ง 4 สูตร จึงไม่ส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบทางเคมี (%) ของน้ำนมแพะ ได้แก่ ไขมัน โปรตีน แลคโตส solids not fat และ total solids ($P > 0.05$) (ตารางที่ 4.9)

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

แพะนมที่ได้รับอาหารทดลอง T2 หรือการใช้ไบรเวมก้านักัญชาที่ระดับ 10% (DM basis) พบว่ามีการกินได้ของโภชนะและการกินได้ของสารประกอบแคนนาบินอยด์ได้สูงสุด ($P < 0.001$) ส่งผลให้แพะนมมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวันสูงสุด และความสามารถการย่อยได้ของโภชนะได้สูง ($P < 0.05$) โดยไม่ส่งผลกระทบต่อค่า pH ในกระเพาะหมักของแพะนม $\text{NH}_3\text{-N}$ ค่า BUN ในกระแสเลือด และความเข้มข้นของ VFA ($P > 0.05$) เมื่อพิจารณากระบวนการต้านอนุมูลอิสระในเลือดของแพะนม ณ เวลา 0 2 และ 4 ชั่วโมง แพะนมที่ได้รับอาหารทดลอง T2 มีค่า ABTS และ DPPH สูงสุด ($P < 0.001$) ส่งผลให้มีค่า SCC ลดลงได้มากกว่าแพะที่ได้รับอาหารทดลอง T1 T3 และ T4 อย่างไรก็ตามการใช้ไบรเวมก้านักัญชาในอาหารผสมสำเร็จ TMR ส่งผลให้ปริมาณน้ำนมลดลง ($P < 0.05$) แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบของน้ำนมแพะ ($P > 0.05$)

5.2 ข้อจำกัดของการวิจัย

ข้อจำกัดด้านวิชาการ การศึกษาพืชกัญชามีการวิจัยอยู่น้อย และการวิเคราะห์สารแคนนาบินอยด์มีวิธีการที่แตกต่างจากวิธีการศึกษาในมนุษย์ รวมถึงการประมวลผลข้อมูล จำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อเป็นฐานข้อมูลสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

ข้อจำกัดด้านสังคมและชุมชน การใช้ประโยชน์ไบรเวมก้านักัญชาในอาหาร TMR เกษตรกรผู้เลี้ยงแพะนมสามารถใช้เป็นพืชสมุนไพรทางเลือกได้ เนื่องจากผลการวิจัยให้ผลเชิงบวกต่อค่า SCC ที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัด และการต้านอนุมูลอิสระได้สูงในเลือด แต่ยังคงต้องมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวข้องกับสารแคนนาบินอยด์เพราะส่งผลต่อผลิตน้ำนมแพะที่ลดลง

5.3 การประยุกต์ผลการวิจัย

ผลการวิจัยในครั้งนี้การใช้พืชกัญชาที่อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระที่สูงเมื่อใช้อาหารทดลองสูตร T2 ให้ผลลัพธ์ในเชิงบวกต่อการลดลงของค่า SCC ในแพะนมอย่างเห็นได้ชัด และมีความสามารถต้านอนุมูลอิสระในเลือดได้สูง อาจนำไปประยุกต์ใช้กับแพะที่ตรวจพบค่า SCC ที่สูงเกินค่ามาตรฐาน และหยุดใช้เมื่อมีค่า SCC ต่ำอยู่ในระดับมาตรฐานกำหนด อย่างไรก็ตามต้องมี

การศึกษาเพิ่มเติมให้แน่ชัดเกี่ยวกับสารแคนนาบินอยด์ต่อการนำไปใช้ประโยชน์เนื่องจากการวิจัยพบว่า มีผลผลิตน้ำมันลดลง

5.4 ข้อเสนอแนะ

การใช้ใบรวมก้านกัญชายังคงเป็นพืชที่ต้องปฏิบัติตามกฎระเบียบ ข้อบังคับ ของการใช้ประโยชน์ เพื่อความปลอดภัยสำหรับสัตว์ และการศึกษาวิจัยเรื่องนี้ควรศึกษาต่อไปเพื่อให้การวิจัยในเรื่องที่เกี่ยวข้องนั้นมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น



รายการอ้างอิง

- กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือกกระทรวง สาธารณสุข. (2562). [ออนไลน์]. ได้จาก:
<https://www.dtam.moph.go.th>.
- กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือกกระทรวง สาธารณสุข. (2564). [ออนไลน์]. ได้จาก:
<https://www.dtam.moph.go.th>.
- ชนพล นิมสมบุรณ์. 2020. พิษวิทยาของกัญชา. เกสัชรกรรมโรงพยาบาล. ปีที่ 30 ฉบับที่ 2.
- ระพีพงศ์ สุพรรณไชยมาตย์. โชชิตา ภาวสุทธิไพศิฐ. (2561). ประโยชน์และโทษที่อาจเกิดขึ้นจาก
การใช้กัญชาในทางการแพทย์และการเปิด เสรีการใช้กัญชา. วิจัยระบบสาธารณสุข. ปี
ที่ 12 ฉบับที่ 1.
- รายงานความก้าวหน้าการใช้ประโยชน์จากพืชกัญชาและกัญชง และกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องในสหภาพ
ยุโรป. (2563). [ออนไลน์]. ได้จาก: <https://appdb.tisi.go.th>.
- รวีสสารี สุชาโต. ณัฐพล พงณาประเสริฐ. และ อัจฉรา ปทุมนากุล. (2564). กัญชาพืชทางเลือกใหม่
ผลกระทบทางเศรษฐกิจและความคุ้มค่าในการลงทุน. 148 หน้า.
- วีระชัย ณ นคร. (2548). ลักษณะทางพฤกษศาสตร์และประโยชน์ของพืชกัญชง. สัมมนาวิชาการ
เรื่อง การวิจัยและแนวทางการพัฒนาพืชกัญชงเชิงเศรษฐกิจ. 15 ตุลาคม 2548. จังหวัด
เชียงใหม่.
- สถาบันกัญชาทางการแพทย์ สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข. (2565). [ออนไลน์]. ได้จาก:
<https://www.hfocus.org/content/2021/02/21103>.
- ส. สุทธิพันธ์. (2562). กัญชา สรรพยาแห่งความหวัง โดยผู้แต่งหนังสือ ส. สุทธิพันธ์. 216 หน้า.
สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข. (2565). [ออนไลน์]. ได้จาก:
<https://herbal.fda.moph.go.th>.
- สำนักงานจัดการกัญชาและกระท่อมทางการแพทย์แผนไทย. (2562). คู่มือการใช้กัญชาตามภูมิ
ปัญญาทางการแพทย์แผนไทยเพื่อการดูแลสุขภาพ. [ออนไลน์]. ได้จาก:
<https://ockt.dtam.moph.go.th>.
- หนึ่ง เตียอำรุง. (2564). รายงานการวิจัยเรื่อง การผลิต และการใช้ประโยชน์จากกัญชา
(Marijuana). [ออนไลน์]. ได้จาก: <http://sutir.sut.ac.th:8080/jspui/bitstream>.

- Abrahamsen, F., Reddy, G., Abebe, W. and Gurung, N. (2021). **Effect of Varying Levels of Hempseed Meal Supplementation on Humoral and Cell-Mediated Immune Responses of Goats.** *Animals*. 11(10). p.2764.
- Ahmad, G.R. and Ahmad, N. (1990). **Passive consumption of marijuana through milk: A low level chronic exposure to delta-9-tetrahydrocannabinol (THC).** *J. Toxicology: Clinical Toxicology*. 28(2). pp.255–260.
- AOAC (1990). Official Method of Analysis of AOAC International. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Virginia.
- AOAC (2010). Official Method of Analysis of AOAC International. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Virginia.
- Ashton, C.H. (2001). **Pharmacology and effects of cannabis: A brief review.** *British J. Psychiatry*. 178(2). pp.101–106.
- Atakan, Z. (2012). **Cannabis, a complex plant: different compounds and different effects on individuals.** *Therapeutic Advances in Psychopharmacology*. 2(6). pp.241–254.
- Bailoni, L., Bacchin, E., Trocino, A. and Arango, S. (2021). **Hemp (*Cannabis sativa* L.) seed and co-products Inclusion in diets for dairy ruminants: A Review.** *Animals*. 11(3). p.856.
- Balant, M., Gras, A., Ruz, M., Vallès, J., Vitales, D. and Garnatje, T. (2021). **Traditional uses of cannabis: An analysis of the cannuse database.** *J. Ethnopharmacology*. 279. p.114362.
- Bhattacharyya, S., Morrison, P.D., Fusar-Poli, P., Martin-Santos, R., Borgwardt, S., Winton-Brown, T., Nosarti, C., O' Carroll, C.M., Seal, M., Allen, P., Mehta, M.A., Stone, J.M., Tunstall, N., Giampietro, V., Kapur, S., Murray, R.M., Zuardi, A.W., Crippa, J.A., Atakan, Z. and McGuire, P.K. (2009). **Opposite Effects of Δ -9-tetrahydrocannabinol and cannabidiol on human brain function and psychopathology.** *Neuropsychopharmacology*. 35(3). pp.764–774.
- Blasco, L., Kahala, M., Tampio, E., Vainio, M., Ervasti, S. and Rasi, S. (2020). **Effect of inoculum pretreatment on the composition of microbial communities in anaerobic digesters producing volatile fatty acids.** *Microorganisms*. 8(4). pp.581.

- Braile, M., Marcella, S., Marone, G., Galdiero, M.R., Varricchi, G. and Loffredo, S. (2021). **The interplay between the immune and the endocannabinoid systems in cancer.** *Cells*. 10(6). pp.1282.
- Bruhn, M. (2003). **Lebensmittelqualität Ein Überblick über unterschiedliche qualitätsbegriffe lebensmittelqualität und qualitätssicherungssysteme wissenschaftliche tagung des dachverbandes agrarforschung (DAF) e.V.** [online] Available at:<http://ernaehrungsdenkwerkstatt.de> [Accessed 25 Apr. 2024].
- Callaway, J.C. (2004). **Hempseed as a nutritional resource: An overview.** *Euphytica*. [online] 140(1-2). pp.65–72.
- Chayasirisobhon, S. (2020). **Mechanisms of action and pharmacokinetics of cannabis.** *The Permanente J.* 24(5).
- Cheng, C.-W., Bian, Z.-X., Zhu, L.-X., Wu, J.C.Y. and Sung, J.J.Y. (2011). **Efficacy of a chinese herbal proprietary medicine (Hemp Seed Pill) for functional constipation.** *The American J. Gastroenterology*. [online] 106(1). pp.120–129.
- Cheng, T., Zhang, Y., Wang, S., Chen, Y., Gao, S.-Y., Wang, F. and Wei, L. (2021). **Conductive hydrogel-based electrodes and electrolytes for stretchable and self-Healable supercapacitors.** *Advanced Functional Materials*. 31(24).
- Cohen, P.J. (2010). **Medical marijuana 2010: It's Time to Fix the Regulatory Vacuum.** *J. Law, Medicine & Ethics*. 38(3). pp.654–666.
- Dawidowicz, A., Olszowy-Tomczyk, M. and Typek, R. (2021). -NC-ND license. *Fitoterapia*. 152. p.104915.
- Deferne, J.L. and Pate, D.W. (1996). **Hemp seed oil: A source of valuable essential fatty acids.** *J. the International Hemp Association*. 3(1): 1. 4-7.
- Devinsky, O., Cilio, M.R., Cross, H., Fernandez-Ruiz, J., French, J., Hill, C., Katz, R., Di Marzo, V., Jutras-Aswad, D., Notcutt, W.G., Martinez-Orgado, J., Robson, P.J., Rohrback, B.G., Thiele, E., Whalley, B. and Friedman, D. (2014). **Cannabidiol: Pharmacology and potential therapeutic role in epilepsy and other neuropsychiatric disorders.** *Epilepsia*. 55(6). pp.791–802.
- EFSA (2011). **Scientific opinion on the safety of hemp (Cannabis genus) for use as animal feed.** *EFSA J.* 9(3).

- Ehrensing, D.T. (1998). **Feasibility of industrial hemp production in the United States Pacific Northwest.**
- ELSohly, M.A., Radwan, M.M., Gul, W., Chandra, S. and Galal, A. (2017). **Phytochemistry of *cannabis sativa* L.** *Progress in the chemistry of organic natural products.* 103. pp.1–36.
- ELSohly, M.A. and Slade, D. (2005). **Chemical constituents of marijuana: The complex mixture of natural cannabinoids.** *Life Sci.* 78(5). pp.539–548.
- Fallahi, S., Bobak, Ł. and Opałiński, S. (2022). **Hemp in animal diets—cannabidiol.** *Animals.* 12(19). p.2541.
- Fellermeier, M., Eisenreich, W., Bacher, A. and Zenk, M.H. (2001). **Biosynthesis of cannabinoids Incorporation experiments with ¹³C-labeled glucoses.** *European J. Biochemistry.* 268(6). pp.1596–1604.
- Ferreras-Estrada, M.C., Campo, R., González-Lanza, C., Andreu, P.V., Martín, J.F. and Manga-González M.Y. (2007). **Immunohistochemical study of the local immune response in lambs experimentally infected with *Dicrocoelium dendriticum* (Digenea).** 101(3). pp.547–555.
- Firkins, J.L., Yu, Z. and Morrison, M. (2007). **Ruminal nitrogen metabolism: perspectives for integration of microbiology and nutrition for dairy.** *J. Dairy Sci.* 90. pp.E1–E16.
- Fordjour, E., Manful, C.F., Sey, A.A., Javed, R., Pham, T.H., Thomas, R. and Cheema, M. (2023). ***Cannabis*: a multifaceted plant with endless potentials.** 14.
- Gakhar, N., Goldberg, E., Jing, M., Gibson, R. and House, J.D. (2012). **Effect of feeding hemp seed and hemp seed oil on laying hen performance and egg yolk fatty acid content: Evidence of their safety and efficacy for laying hen diets.** *J. Poultry Sci.* 91(3). pp.701–711.
- Goering, H.K. and Van Soest, P.J. (1970) ***Forage Fiber Analysis (Apparatus Reagents, Procedures and Some Applications).*** *Agriculture Handbook. United States Department of Agriculture, Washington DC. - References - Scientific Research Publishing.*

- Goodwin, R.S., Gustafson, R.A., Barnes, A., Nebro, W., Moolchan, E.T. and Huestis, M.A. (2006). **9-Tetrahydrocannabinol, 11-Hydroxy-9-Tetrahydrocannabinol and 11-Nor-9-Carboxy-9-Tetrahydrocannabinol in Human Plasma After Controlled Oral Administration of Cannabinoids.** *Therapeutic Drug Monitoring*. 28(4). pp.545–551.
- Grotenhermen, F. (2005). **Cannabinoids.** *Current Drug Target -CNS & Neurological Disorders*. 4(5). pp.507–530.
- H Shahata, El-Abhar, H.S. and El-Maraghy, N.N. (2015). **Anandamide mitigates ischemia/reperfusion (I/R)-induced gastric ulcer: modulation of inflammation and oxidative stress.** *Zagazig J. Pharmaceutical Scie.* 24(2). pp.75–87.
- Hashemi, S.R. and Davoodi, H. (2011). **Herbal plants and their derivatives as growth and health promoters in animal nutrition.** *Veterinary Research Communications*. 35(3). pp.169–180.
- Health Canada (2018). **Cannabis and mental health - Canada.ca.** [online] Canada.ca. Available at: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/drugs-medication/cannabis/health-effects/mental-health.html>.
- Hoffman, A.F., Oz, M., Yang, R., Lichtman, A.H. and Lupica, C.R. (2007). **Opposing actions of chronic 9-tetrahydrocannabinol and cannabinoid antagonists on hippocampal long-term potentiation.** *Learning & Memory*. 14(1-2). pp. 63–74.
- Hue-Beauvais, C., Faulconnier, Y., Charlier, M. and Leroux, C. (2021). **Nutritional regulation of mammary gland development and milk synthesis in animal models and dairy species.** *Genes*. 12(4). pp.523.
- Huestis, M. A. (2007). **Human cannabinoid pharmacokinetics.** *Chemistry & Biodiversity*. 4(8). pp.1770–1804.
- Hunt, C.A. and Jones, R.T. (1980). **Tolerance and disposition of tetrahydrocannabinol in man.** *J. Pharmacology and Experimental Therapeutics*. [online] 215(1). pp.35–44. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6256518/>.

- Ibrahim, E., Hadad, G., Abdel Salam, R., Ibrahim, A., Ahmed, S., Radwan, M., Gul, W. and ElSohly, M. (2018). **Recent analytical approaches in quality control of *cannabis sativa* L. and its preparations.** *Records of Pharmaceutical and Biomedical Sci.* 2(2). pp.10–22.
- Ishler, V., Heinrichs, J. and Varga, G.B. (1996). ***From Feed to Milk: Understanding Rumen Function.*** [online] *Google Books*. Pennsylvania State University. Available at: https://books.google.co.th/books/about/From_Feed_to_Milk.
- Izzo, A.A., Borrelli, F., Capasso, R., Di Marzo, V. and Mechoulam, R. (2009). **Non-psychoactive plant cannabinoids: new therapeutic opportunities from an ancient herb.** *Trends in pharmacological sci.* 30(10). pp.515–27.
- Jakubovič, A., Tait, R.M. and McGeer, P.L. (1974). **Excretion of THC and its metabolites in ewes' milk.** *Toxicology and Applied Pharmacology.* 28(1). pp.38–43.
- Jenness, R. (1979). **The composition of human milk.** *Seminars in perinatology.* [online] 3(3). pp.225–239. Available at: <https://europepmc.org/article/med/392766>.
- Jin, D., Henry, P., Shan, J. and Chen, J. (2021). **Identification of chemotypic markers in three chemotype categories of *cannabis* using secondary metabolites profiled in inflorescences, leaves, stem bark, and roots.** *Frontiers in Plant Sci.* 12.
- Karimizadeh, E., Chaji, M. and Mohammadabadi, T. (2017). **Effects of physical form of diet on nutrient digestibility, rumen fermentation, rumination, growth performance and protozoa population of finishing lambs.** *Animal Nutrition.* 3(2). pp.139–144.
- Kasula, R., Solis, F., Shaffer, B., Connett, F., Barrett, C., Cocker, R. and Willingham, E. (2021). **Characterization of the nutritional and safety properties of hemp seed cake as animal feed ingredient.** *International J. Livestock Production.* 12(2). pp.53–63.
- King, J.W. (2019). **The relationship between cannabis/hemp use in foods and processing methodology.** *Current Opinion in Food Sci.* 28. pp.32–40.

- Kirk, J.M. and Wit, D., H. (1999). **Responses to Oral Δ^9 -Tetrahydrocannabinol in Frequent and Infrequent Marijuana Users.** *Pharmacology Biochemistry and Behavior*. 63(1). pp.137–142.
- Kleinhenz, M.D., Magnin, G., Ensley, S.M., Griffin, J.J., Goeser, J., Lynch, E. and Coetzee, J.F. (2020a). **Nutrient concentrations, digestibility, and cannabinoid concentrations of industrial hemp plant components.** *Applied Animal Science*. 36(4). pp.489–494.
- Kleinhenz, M.D., Magnin, G., Lin, Z., Griffin, J., Kleinhenz, K.E., Montgomery, S., Curtis, A., Martin, M. and Coetzee, J.F. (2020b). **Plasma concentrations of eleven cannabinoids in cattle following oral administration of industrial hemp (*Cannabis sativa*).** *J. Scientific Reports*. 10(1).
- Klir, Ž., Novoselec, J. and Antunović, Z. (2019). **An overview on the use of hemp (*Cannabis sativa* L.) in animal nutrition.** *Poljoprivreda*. 25(2). pp.52–61.
- Kopustinskiene, D.M., Masteikova, R., Lazauskas, R. and Bernatoniene, J. (2022). ***Cannabis sativa* L. bioactive compounds and their protective role in oxidative stress and inflammation.** *Antioxidants*. 11(4). p.660.
- Krebs, G., Danie, D.R., White, D.J., Blake, B.L., Dods, K., May, C.D., Tai, Z.X., Clayton, E. and Lynch, E.E. (2021). **Intake, nutrient digestibility, rumen parameters, growth rate, carcass characteristics and cannabinoid residues of sheep fed pelleted rations containing hemp (*Cannabis sativa* L.) stubble.** *Translational animal sci*. 5(4).
- Leizer, C., Ribnicky, D., Poulev, A., Dushenkov, S. and Raskin, I. (2000). **The Composition of Hemp Seed Oil and Its Potential as an Important Source of Nutrition.** *J. Nutraceuticals, Functional & Medical Foods*. 2(4). pp.35–53.
- Leonard, J. (2020). **Evaluating the Medicinal Uses of Cannabis.** *J. biochemistry, biotechnology and allied fields*. [online] 5(1). pp.27–33. Available at: <https://www.idosr.org/wp> [Accessed 1 Apr. 2024].
- Liu, H., Han, P., Liu, H., Zhou, G., Fu, B. and Zheng, Z. (2018). **Full-scale production of VFAs from sewage sludge by anaerobic alkaline fermentation to improve biological nutrients removal in domestic wastewater.** *Bioresource Technology*. 260. pp.105–114.

- Lucas, C.J., Galettis, P. and Schneider, J. (2018). **The pharmacokinetics and the pharmacodynamics of cannabinoids.** *British J. Clinical Pharmacology*. 84(11). pp.2477–2482.
- Marzo, V.D., Bifulco, M. and Petrocellis, L.D. (2004). **The endocannabinoid system and its therapeutic exploitation.** *Nature Reviews Drug Discovery*. 3(9). pp.771–784.
- Mason, A.P. and McBay, A.J. (1985). **Cannabis: pharmacology and interpretation of effects.** *J. Forensic Sci.* [online] 30(3). pp.615–631. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2993473>.
- Matthews, C., Crispie, F., Lewis, E., Reid, M., O’Toole, P.W. and Cotter, P.D. (2018). **The rumen microbiome: a crucial consideration when optimising milk and meat production and nitrogen utilisation efficiency.** *Gut Microbes*. 10(2). pp.115–132.
- Maykut, M.O. (1985). **Health consequences of acute and chronic marijuana use.** *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*. 9(3). pp.209–238.
- McPartland, J.M., Agrawal, J., Gleeson, D., Heasman, K. and Glass, M. (2006). **Cannabinoid receptors in invertebrates.** *J. Evolutionary Biology*. 19(2). pp.366–373.
- Merenkova, S.P., Zinina, O.V., Khayrullin, M.F., Bychkova, T.S. and Moskvina, L.A. (2020). **Study of the rheological properties of meat-vegetable minces.** *IOP conference series. Earth and environmental sci.* 613(1), pp.012078–012078.
- Mertens, D.R. (1997). **Creating a System for Meeting the Fiber Requirements of Dairy Cows.** *J. Dairy Sci.* 80(7). pp.1463–1481.
- Mierliță, D. (2018). **Effects of diets containing hemp seeds or hemp cake on fatty acid composition and oxidative stability of sheep milk.** *South African J. Animal Sci.* 48(3). p.504.
- Monteiro, H.F. and Faciola, A.P. (2020). **Ruminal acidosis, bacterial changes, and lipopolysaccharides.** *J. Animal Sci.* 98(8).
- Morgan, D.J., Muller, C.H., Murataeva, N.A., Davis, B.J. and Mackie, K. (2012). **Δ⁹-Tetrahydrocannabinol (Δ⁹-THC) attenuates mouse sperm motility and male fecundity.** *British J. Pharmacology*. 165(8). pp.2575–2583.

- Muedi, H. T. H., Kujoana, T.C., Shai, K., M. Mabelebele and Sebola, N.A. (2024). **The use of industrial hemp (*Cannabis sativa*) on farm animal's productivity, health and reproductive performance: a review.** *Animal Production Sci.* 64(2).
- Muller, R. and Kubie, J. (1987). **The effects of changes in the environment on the spatial firing of hippocampal complex-spike cells.** *J. Neuroscience.* 7(7). pp.1951–1968.
- Oetzel, G.R., Nordlund, K.V. and Garrett, E.F. (1999). **Effect of ruminal pH and stage of lactation on ruminal lactate concentration in dairy cows.** 82. pp.38–38.
- Pagano, C., Savarese, B., Coppola, L., Navarra, G., Avilia, G., Laezza, C. and Bifulco, M. (2023). **Cannabinoids in the Modulation of Oxidative Signaling.** *International J. Molecular Sci.* 24(3). pp.2513–2513.
- Pereira, Sónia R., Hackett, B., O'Driscoll, David N., Sun, M. and Downer, E.J. (2021). **Cannabidiol modulation of oxidative stress and signalling.** *Neuronal Signaling.* 5(3).
- Pertwee, R.G. (2008). **The diverse CB1 and CB2 receptor pharmacology of three plant cannabinoids: Δ^9 -tetrahydrocannabinol, cannabidiol and Δ^9 -tetrahydrocannabivarin.** *British J. Pharmacology.* 153(2). pp.199–215.
- Pollio, A. (2016). **The Name of Cannabis: A Short Guide for Nonbotanists.** *Cannabis and Cannabinoid Research.* 1(1). pp.234–238.
- Preedy, V.R. (2017). *Handbook of Cannabis and Related Pathologies Biology, Pharmacology, Diagnosis, and Treatment.* Saint Louis: Elsevier Sci.
- Rahman, S., Archana, A., Dutta, D., Kumar, V., Kim, J., Jan, A.T. and Minakshi, R. (2019). **The onus of cannabinoids in interrupting the molecular odyssey of breast cancer: A critical perspective on UPRER and beyond.** *Saudi Pharmaceutical J.* 27(3). pp.437–445.
- Ranalli, P. (1999). **Advances in Hemp Research.** Available at: <https://doi.org/10.1201/9781498705820>.
- Rasera, G.B., Ohara, A. and de Castro, R.J.S. (2021). **Innovative and emerging applications of cannabis in food and beverage products: From an illicit drug to a potential ingredient for health promotion.** *Trends in Food Sci & Technology.* 115. pp.31–41.

- Riollet, C., Rainard, P. and B. Poutrel (2005). **Cells and cytokines in inflammatory secretions of bovine mammary gland.** *Kluwer Academic Publishers eBooks*. pp.247–258.
- Rock, E.M., Goodwin, J.M., Limebeer, C.L., Breuer, A., Pertwee, R.G., Mechoulam, R. and Parker, L.A. (2011). **Interaction between non-psychotropic cannabinoids in marihuana: effect of cannabigerol (CBG) on the anti-nausea or anti-emetic effects of cannabidiol (CBD) in rats and shrews.** *Psychopharmacology*. 215(3). pp.505–512.
- Roser, P., Gallinat, J., Weinberg, G., Juckel, G., Gorynia, I. and Stadelmann, A.M. (2009). **Psychomotor performance in relation to acute oral administration of Δ^9 -tetrahydrocannabinol and standardized cannabis extract in healthy human subjects.** *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*. 259(5). pp.284–292.
- Ruegg, P.L. (2017). **A 100-Year Review: Mastitis detection, management, and prevention.** *J. Dairy Sci.* 100(12). pp.10381–10397.
- Salami, A., Raninen, K., Heikkinen, J., Tomppio, L., Vilppo, T., Selenius, M., Raatikainen, O., Lappalainen, R. and Vepsäläinen, J. (2020). **Complementary chemical characterization of distillates obtained from industrial hemp hurds by thermal processing.** *J. Industrial Crops and Products*. 155. p.112760.
- Šalavardić, Ž.K., Novoselec, J., Đidara, M., Steiner, Z., Čavar, S., Modić Šabić, A. and Antunović, Z. (2021). **Effect of dietary hempseed cake on milk performance and haemato-chemicals in lactating Alpine dairy goats.** *Animal*. 15(7). p.100255.
- Schneider, B.H. and Flatt, W.P. (1975). **The evaluation of feeds through digestibility experiments** *University of Georgia Press Athens. USA*.
- Small, E. (2016). **Cannabis.** CRC Press. Available at: <https://doi.org/10.1201/9781315367583>.
- Statistical Package for Social Science (SPSS) Version 25, 2017.
- Stevens, S.A., Krebs, G.L., Scrivener, C.J., Noble, G.K., Blake, B.L., Dods, K., May, C.D., Tai, Z.X., Clayton, E.H., Lynch, E.E. and Johnson, K.N. (2022). **Nutrient digestibility, rumen parameters, and (cannabinoid) residues in sheep fed a pelleted**

- diet containing green hemp (*cannabis sativa* L.) biomass. *Translational animal sci.* 6(4).
- Swift, W., Wong, A., Li, K.M., Arnold, J.C. and McGregor, I.S. (2013). **Analysis of Cannabis Seizures in NSW. Australia: Cannabis Potency and Cannabinoid Profile.** *PLoS ONE.* 8(7). p.e70052.
- Tanney, C.A.S., Backer, R., Geitmann, A. and Smith, D.L. (2021). **Cannabis glandular trichomes: A Cellular metabolite factory.** *Frontiers in Plant Sci.* 12.
- Tetty, J.N.A., Crean, C., Rodrigues, J., Angeline Yap, T.W., Lee Wendy Lim, J., Shirley, L., H.Z. and Ching Ong, M. (2021). **United nations office on drugs and crime: recommended methods for the identification and analysis of synthetic cannabinoid receptor agonists in seized materials.** *Forensic Science International: Synergy.* 3. p.100129.
- Ujváry, I. and Hanuš, L. (2016). **Human Metabolites of Cannabidiol: A Review on Their Formation, Biological Activity, and Relevance in Therapy.** *Cannabis and Cannabinoid Research.* 1(1). pp.90–101.
- United Nations Office On Drugs And Crime (2009). *Recommended methods for the identification and analysis of cannabis and cannabis products (revised and updated): manual for use by national drug analysis laboratories.* New York: Un.
- Vastolo, A., Calabrò, S., Pacifico, S., Koura, B.I. and Cutrignelli, M.I. (2021). **Chemical and nutritional characteristics of *cannabis sativa* L. co-products.** *J. Animal Physiology and Animal Nutrition.* 105(S1). pp.1–9.
- Wagner, B., Gerletti, P., Fürst, P., Keuth, O., Bernsmann, T., Martin, A., Schäfer, B., Numata, J., Lorenzen, M.C. and Pieper, R. (2022). **Transfer of cannabinoids into the milk of dairy cows fed with industrial hemp could lead to Δ^9 -THC exposure that exceeds acute reference dose.** *Nature Food.* 3(11). pp.921–932.
- WALL, M.E. and PEREZ-REYES, M. (1981). **The Metabolism of Δ^9 -tetrahydrocannabinol and related cannabinoids in man.** *J. Clinical Pharmacology.* 21(S1). pp.178S189S.

- Wang, Y., Yang, R., Li, M. and Zhao, Z. (2015). **Hydrothermal preparation of highly porous carbon spheres from hemp (*cannabis sativa* L.) stem hemicellulose for use in energy-related applications.** *Industrial Crops and Products*. 65. pp.216–226.
- Yamamoto, I., Watanabe, K., Kuzuoka, K., Narimatsu, S. and Yoshimura, H. (1987). **The pharmacological activity of cannabiniol and its major metabolite, 11-hydroxycannabiniol.** *J. chemical and pharmaceutical bulletin*. 35(5). pp.2144–2147.
- Zahedifar, M., Castro, F.B. and Ørskov, E.R. (2002). **Effect of hydrolytic lignin on formation of protein–lignin complexes and protein degradation by rumen microbes.** *Animal feed science and technology*. 95(1-2). pp.83–92.
- Zhang, Y., Li, H., Jin, S., Lu, Y., Peng, Y., Zhao, L. and Wang, X. (2022). **Cannabidiol protects against alzheimer’s disease in *C. elegans* via ROS scavenging activity of its phenolic hydroxyl groups.** *European J. Pharmacology*. 919. p.174829.
- Zheng, Z., Fiddes, K. and Yang, L. (2021). **A narrative review on environmental impacts of cannabis cultivation.** *J. Cannabis Research*. 3(1).
- Zhou, X., Zhang, N., Zhang, J., Gu, Q., Dong, C., Lin, B. and Zou, C. (2021). **Microbiome and fermentation parameters in the rumen of dairy buffalo in response to ingestion associated with a diet supplemented with cysteamine and hemp seed oil.** *J. Animal Physiology and Animal Nutrition*. 106(3). pp.471–484.
- Zou, S. and Kumar, U. (2018). **Cannabinoid receptors and the endocannabinoid system: signaling and function in the central nervous system.** *International J. Molecular Sci*. 19(3). p.833.





ภาคผนวก ก

การเตรียมอาหารทดลอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิธีการ

1. นำใบรวมก้านหญ้าแห้งบดละเอียดมาผสมรวมกับอาหารผสมสำเร็จ TMR ของแต่ละสูตร



รูปที่ ก.1 ผสมอาหารผสมสำเร็จ TMR

2. สุ่มตัวอย่างอาหารแต่ละสูตรเพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และชั่งอาหารทดลองเตรียมสำหรับเลี้ยงแพะ



รูปที่ ก.2 ชั่งอาหารผสมสำเร็จ TMR



ภาคผนวก ข

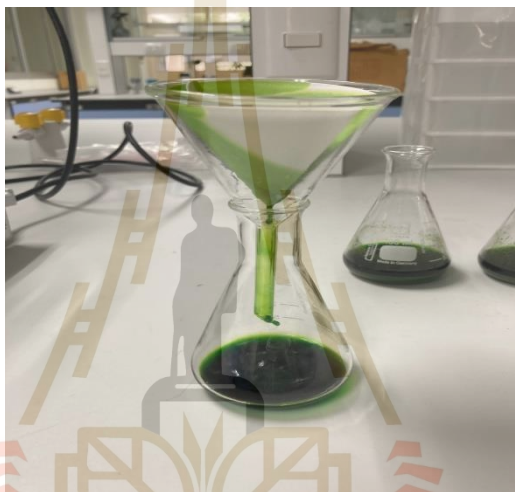
วิธีการทดลองทางห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์สารแคนนาบินอยด์

วิธีการ

1. นำใบรวมก้านกัญชาแห้ง 10 กรัม แช่ Ethanol 95% ปริมาณ 200 ml ระยะเวลา 1 วัน หลังจากนั้นกรองตัวอย่างผ่านกระดาษกรอง No. 1 ระเหยด้วยเครื่อง rotary evaporator แล้วนำตัวอย่างที่ได้มาเจือจาง 10 เท่า ด้วย Ethanol 95%

2. นำไปวิเคราะห์สารสารแคนนาบินอยด์ ได้แก่ THC และ CBD โดยใช้เครื่อง Gas chromatography รุ่น GC-8890 ยี่ห้อ Agilent



รูปที่ ข.1 กรองตัวอย่างผ่านกระดาษกรอง No. 1

การศึกษาและวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (VFA)

วิธีการ

- นำตัวอย่างที่ได้จากการเก็บตัวอย่างของชั่วโมงที่ 0 2 และ 4 นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge ด้วยความเร็ว 12000 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที
- ดูดตัวอย่างส่วนที่ใสที่ได้จากการปั่นเหวี่ยงแล้ว นำมากรองด้วยกระดาษกรองเมมเบรน ใส่ขวด Vial ปิดฝาให้สนิท นำไปเก็บที่ตู้ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาวิเคราะห์ ซึ่งในการศึกษาจะใช้เครื่อง Gas Chromatography – Mass Spectrometry (GC-MS7890)

ตารางที่ ข.1 ค่า HPLC condition ที่ใช้ในการวิเคราะห์หา VFA

Items	Condition
Column	SBC18
Detector	UV, 240 nm
Flow rate	1.5 ml/min
Solvent	A : KH ₂ PO ₄ 0.1 mM pH 2.4 / B : Acetonitrile
Absorbance	240 nm
Injection volume	1 µl

การวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมีในน้ำนมแพะ และการศึกษาค่า SCC

วิธีการ

1. เก็บตัวอย่างน้ำนมแพะทุกตัวจะถูกรีดด้วยมือ เวลา เช้า 06.30 น. และเย็น 16.30 น.



รูปที่ ข.2 การเก็บตัวอย่างน้ำนมแพะ

2. นำตัวอย่างน้ำนมมาวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมีในน้ำนมแพะ



รูปที่ ข.3 วิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมีในน้ำนมแพะ ด้วยเครื่อง Funke Gerber 3510 Lactostar Fat

3. นำตัวอย่างน้ำนมมาวิเคราะห์ค่า SCC



รูปที่ ข.4 วิเคราะห์ค่า SCC โดยใช้เครื่อง LACTOSCAN Somatic cell court using Image Cytometry



ประวัติผู้เขียน

นางสาวภาวิณี อาษา เกิดเมื่อวันที่ 4 กันยายน พ.ศ.2540 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร เริ่มศึกษาระดับประถมศึกษาที่โรงเรียนบ้านหินกอง จังหวัดสระแก้ว ศึกษาในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 จบการศึกษาปีการศึกษา พ.ศ. 2556 และศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4-5 ปีการศึกษา พ.ศ. 2558 โรงเรียนคลองหาดวิทยาคมจังหวัดสระแก้ว และศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5-6 โรงเรียนชัยบอนวิทยาคม จังหวัดเพชรบูรณ์ จบการศึกษาปีการศึกษา พ.ศ. 2559 เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว จังหวัดสระแก้ว สำเร็จการศึกษา เมื่อปี พ.ศ. 2563 และมีความสนใจเกี่ยวกับสัตว์เคี้ยวเอื้องจึงได้ทำการศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ในปีการศึกษา 2563 ภาคเรียนที่ 2 ภายใต้การดูแลของรองศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ แผงคำ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุปรีณา ศรีไสค์คำ เป็นอาจารย์ประจำสาขาวิชานวัตกรรมการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว จังหวัดสระแก้ว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี