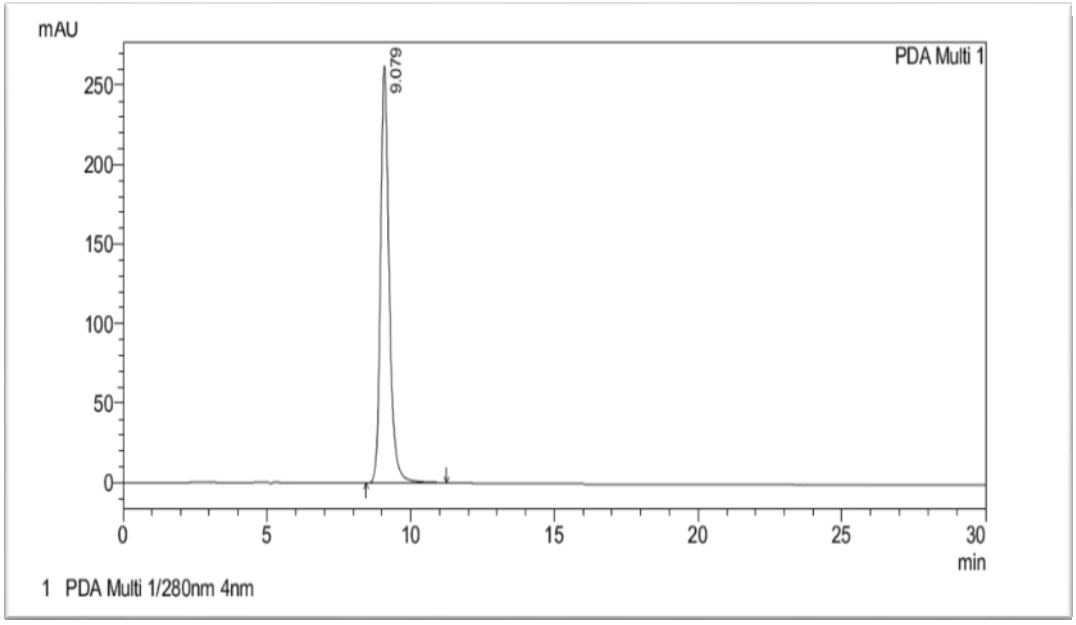
บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปราย

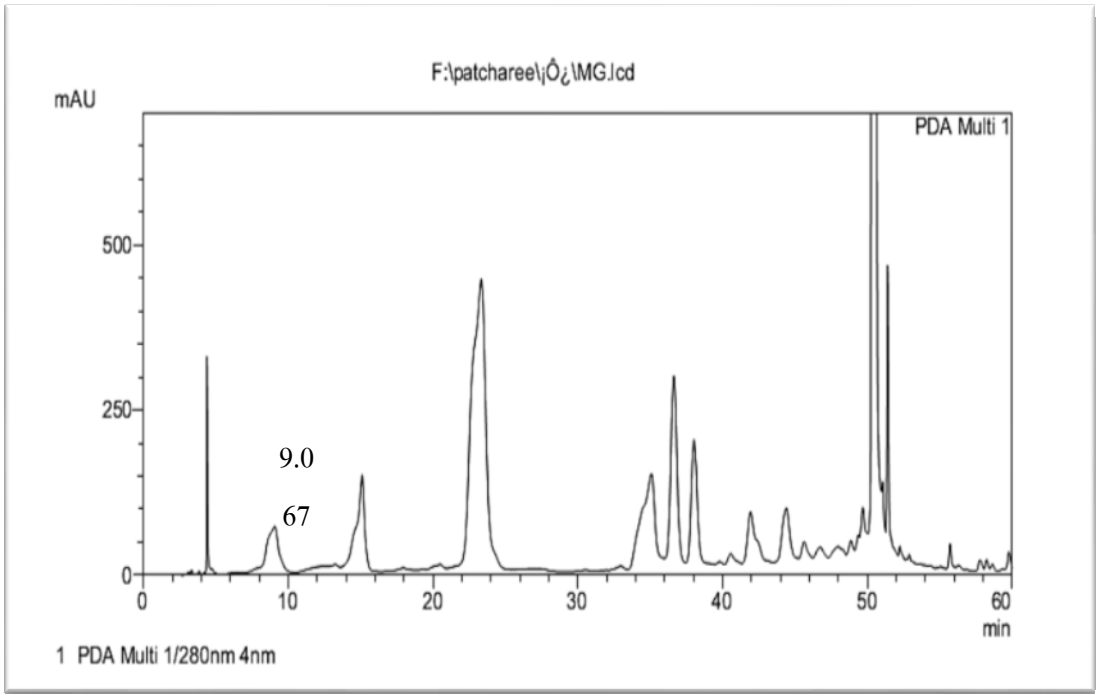
งานวิจัยนี้ได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ความเป็นพิษ และศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนในหนูขาว โดยมีรายละเอียดผลการศึกษา ดังต่อไปนี้

4.1 องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ด้วยเทคนิค High Performance Liquid Chromatograph (HPLC) ซึ่งเป็นเทคนิคการแยกสารประกอบ (Substances) โดยอาศัยหลักการความแตกต่างของอัตราการเคลื่อนที่ของสารประกอบใน Stationary Phase ของคอลัมน์โดยมี Mobile Phase เป็นตัวพาไป เมื่อต่อเข้ากับ Detector จะสามารถตรวจวัดสารที่ออกมาจากคอลัมน์ (Analysts or Solutes) ได้อย่างต่อเนื่อง ส่วนใหญ่นิยมใช้วิเคราะห์สารประกอบที่ระเหยยาก (Low Volatile Substation) หรือน้ำหนักโมเลกุลสูง (High Molecular Weight Compounds) จากการศึกษาครั้งนี้ พบสารออกฤทธิ์ที่สำคัญ คือ Gallic acid นอกจากนี้ยังพบสารชนิดอื่นๆ อีกหลายชนิด แต่ไม่สามารถระบุชนิดได้ เนื่องจากไม่มีสารมาตรฐานเปรียบเทียบ (ภาพที่ 4.2)



ภาพที่ 4.1 โครมาโตแกรมของสารมาตรฐาน (Gallic acid; RT= 9.079)



ภาพที่ 4.2 โครมาโตแกรมของสาร Gallic acid ที่พบในสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี พบว่า สารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน มีสารออกฤทธิ์ที่สำคัญ คือ Gallic acid สอดคล้องกับงานวิจัยของ Elzaawely and Tawata, (2010) ที่ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดใบมะม่วง (*Mangfera indica* L.) ผลการศึกษา พบว่า สารสกัดใบมะม่วงมีสารออกฤทธิ์ที่สำคัญ คือ สารประกอบฟีโนลิค และฟลาโวนอยด์ ในปริมาณที่สูง ซึ่ง Gallic acid เป็นสารในกลุ่มโพลีฟีนอล ซึ่งในธรรมชาติได้จากพืช เช่น มังคุด ชาเขียว (ปรัชญา เกตุวงศา และธวัชชัย แพชมัด, 2554) ผัก ธัญพืช น้ำผลไม้ และอื่น ๆ มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ต้านการอักเสบ (anti-inflammatory) ทั้งยังถูกนำมาใช้ในการรักษาโรคเบาหวาน (Borde *et al*., 2011) และยังพบว่า Gallic acid ใช้เป็นมาตรฐานในการประเมินประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของสารอื่น ๆ ด้วย นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่พบว่า สารสกัดจากใบมะม่วง (*Mangifera indica*) มีสารองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ ได้แก่ Alkaloids, Flavonoids, Saponins, Cardiac glycosides, Resins, Sterols, Benzenoids, Lactones, Terpenes, Balsam, Tannin (Luka and Mohammed, 2012; เฉลิมศรี สถิรสุทธิพงศ์, 2552) และมี Mangiferin ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลัก (Bhusari *et al.,* 2012) มีสารที่มีคุณสมบัติลดระดับน้ำตาลในเลือด ได้แก่ Alkaloids, Glycosides, Flavonoids และ Saponins (Luka and Mohammed, 2012) ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่าสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนสามารถนำไปใช้ในการต้านอนุมูลอิสระ และนำมาใช้ในการรักษาโรคเบาหวานได้

4.2 ความเป็นพิษของสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน

4.2.1 ความเป็นพิษเฉียบพลัน

1. อาการความเป็นพิษ

หลังจากป้อนสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนให้แก่หนูทดลอง แล้วสังเกตอาการของหนูทดลองทั้ง 4 กลุ่ม คือ หนูควบคุม และหนูที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 1,000, 1,500 และ 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แก่หนูครั้งเดียว พบว่า ภายในเวลา 24 ชั่วโมง หนูทดลองมีการหายใจปกติ ขับถ่ายปัสสาวะ และอุจจาระปกติ ลักษณะการเคลื่อนไหวเป็นปกติ และไม่พบอาการชัก อาการซึมเศร้า อาเจียน หรือเบื่ออาหาร นอกจากนี้ ยังไม่พบหนูทดลองตาย และเมื่อสังเกตอาการต่อไปอีก 14 วัน ก็ไม่พบหนูทดลองตาย และไม่พบอาการความเป็นพิษใด ๆ

2. น้ำหนักตัวเฉลี่ย

เมื่อพิจารณาน้ำหนักตัวของหนูทดลองทุกกลุ่ม พบว่า หนูที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 1,000, 1,500 และ 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตาราง 4.1)

ตารางที่ 4.1 น้ำหนักตัวของหนูทดลอง ในวันที่ 0,7 และ 14 ภายหลังที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนขนาดต่างกัน โดยให้ครั้งเดียว ในการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลัน (mean±SEM., n=8)

กลุ่มหนูที่ศึกษา	**น้ำหนักตัว (กรัม)**		
	วันที่ 0	**วันที่ 7**	**วันที่ 14**
ควบคุม	224.37±4.76	245.62±7.87	296.87±18.82
สารสกัดขนาด 1,000 mg/kg	225.01±6.30	235.00±4.72	306.87±21.19
สารสกัดขนาด 1,500 mg/kg	226.25±3.50	233.75±6.03	283.12±12.31
สารสกัดขนาด 2,000 mg/kg	226.37±3.16	236.25±7.30	281.87±14.26

3. น้ำหนักสัมพัทธ์ของอวัยวะ

สารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 1,000, 1500 และ 2000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่มีผลต่อน้ำหนักสัมพัทธ์ของไต และหัวใจ แต่ทำให้น้ำหนักสัมพัทธ์ของตับลดลง อย่างไร ก็ตามหนูที่ได้รับสารสกัด ขนาด 1,000 และ 1,500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีน้ำหนักสัมพัทธ์ของตับไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ลดลงแตกต่างจากหนูที่ได้รับสารสกัด ขนาด 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และหนูควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตาราง 4.2)

ตารางที่ 4.2 น้ำหนักสัมพัทธ์ของอวัยวะ (%) หลังจากที่ได้รับสารสกัดใบมะม่วงกะล่อน เป็นระยะเวลา 14 วัน (mean±SEM., n=8)

กลุ่มหนูที่ศึกษา	น้ำหนักสัมพัทธ์ของอวัยวะ (%)		
	ตับ	ไต	หัวใจ
ควบคุม	4.82±0.21[b]	0.777±0.027	0.39±0.01
สารสกัด 1,000 mg/kg	4.13±0.14[a]	0.713±0.031	0.36±0.01
สารสกัด 1,500 mg/kg	3.94±0.22[a]	0.717±0.030	0.42±0.01
สารสกัด 2,000 mg/kg	4.38±0.10[b]	0.712±0.021	0.41±0.03

[a,b] อักษรกำกับแตกต่างกัน ในแนวตั้งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

4. ค่าทางเคมีโลหิต

สารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนมีผลทำให้ค่าเคมีโลหิต ได้แก่ ค่า BUN, Crea, TP, Alb, AST และ ALT ของหนูทดลองมีการเปลี่ยนแปลง

1. ปริมาณ Blood urea nitrogen (BUN)

หนูที่ได้รับสารสกัด ขนาด 1,000, 1500 และ 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่า BUN ลดลงแตกต่างจากหนูควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) และหนูที่ได้รับสารสกัด ขนาด 1,500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่า BUN ลดลงแตกต่างจากหนูที่ได้รับสารสกัด ขนาด 1,000 และ 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) อย่างไรก็ตามหนูที่ได้รับสารสกัด ขนาด 1,000 และ 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่า BUN ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตาราง 4.3)

2. ปริมาณ Creatinine (Crea)

หนูที่ได้รับสารสกัด ขนาด 1,000, 1500 และ 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่า Crea ลดลงแตกต่างจากหนูควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) และหนูที่ได้รับสารสกัด ขนาด 1,500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่า Crea ลดลงแตกต่างจากหนูที่ได้รับสารสกัด ขนาด 1,000 และ 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) อย่างไรก็ตามหนูที่ได้รับสารสกัด ขนาด 1,000 และ 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่า Crea ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตาราง 4.3)

3. ปริมาณ Total protein (TP)

หนูที่ได้รับสารสกัดสารสกัดทั้ง 3 ขนาด (1,000, 1,500 และ 2,000มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) มีค่า TP ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีค่าลดลงแตกต่างจากหนูควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) (ตาราง 4.3)

4. ปริมาณ Albumin (Alb)

หนูที่ได้รับสารสกัดสารสกัดทั้ง 3 ขนาด (1,000, 1,500 และ 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) มีค่า Alb ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีค่าลดลงแตกต่างจากหนูควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) (ตาราง 4.3)

5. ปริมาณ Asparate aminotransferase (AST)

หนูที่ได้รับสารสกัดสารสกัดทั้ง 3 ขนาด (1,000, 1,500 และ 2,000มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) มีค่า AST ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีค่าเพิ่มขึ้นแตกต่างจากหนูควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) (ตาราง 4.3)

6. ปริมาณ Alanine aminotransferase (ALT)

หนูที่ได้รับสารสกัดสารสกัดทั้ง 3 ขนาด (1,000, 1,500 และ 2,000มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) มีค่า ALT ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีค่าเพิ่มขึ้นแตกต่างจากหนูควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) (ตาราง 4.3)

ตารางที่ 4.3 ค่าเคมีโลหิตของหนูทดลองที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน เป็นระยะเวลา 14 วัน จากการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลัน (mean±SEM; n=8)

กลุ่มหนูที่ศึกษา	ค่าเคมีโลหิต						
	BUN (mg/dl)	Crea (mg/dl)	TP (g/dl)	Alb (g/dl)	AST (U/L)	ALT (U/L)	ALP (U/L)
ควบคุม	33.01±0.86[c]	1.08±0.02[c]	6.90±0.19[b]	3.91±0.07[b]	102.00±0.00[a]	27.00±0.00[a]	99.00±2.64
สารสกัด 1,000 mg/kg	28.73±0.63[b]	0.93±0.02[b]	6.03±0.15[a]	3.62±0.07[a]	166.12±17.43[b]	31.00±1.61[b]	103.50±8.99
สารสกัด 1,500 mg/kg	26.23±0.22[a]	0.83±0.01[a]	5.80±0.05[a]	3.51±0.06[a]	168.50±11.17[b]	30.50±0.58[b]	106.72±6.38
สารสกัด 2,000 mg/kg	28.62±0.46[b]	0.91±0.02[b]	6.05±0.06[a]	3.63±0.03[a]	170.50±10.0[b]	32.25±1.24[b]	110.75±3.23

[a,b] อักษรกำกับแตกต่างกัน ในแนวตั้งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

BUN = Blood urea nitrogen, Crea= Creatinine, TP = Total protein, Albumin = Alb, AST= Asparate aminotransferase, ALT = Alanine aminotransferase, ALP = Alkaline phosphatase

จากการการทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลันของสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ในหนูทดลอง พบว่า แม้จะป้อนสารสกัดในขนาดสูงที่สุด คือ 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ก็ไม่ก่อให้เกิดอาการความเป็นพิษใด ๆ และสัตว์ทดลองรอดชีวิตทั้งหมด แสดงให้เห็นว่า ขนาดของสารสกัดที่ทำให้สัตว์ทดลองตายไปครึ่งหนึ่ง (LD_{50}) มีค่ามากกว่า 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งวิเคราะห์ผลตามเกณฑ์การทดสอบความเป็นพิษแบบ Fixed dose (วงศ์วิวัฒน์ ทัศณียกุล และคณะ, 2546) สารสกัดจาก ใบมะม่วงกะล่อน ไม่มีผลต่อน้ำหนักตัว และน้ำหนักสัมพัทธ์ของไต และหัวใจ แต่มีผลทำให้น้ำหนักสัมพัทธ์ของตับลดลงในหนูที่ได้รับสารสกัด ขนาด 1,000 และ 1,500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่หนู ที่ได้รับสารสกัดขนาด 2,000 ไม่มีผลทำให้น้ำหนักสัมพัทธ์ของตับแตกต่างจากหนูควบคุม แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 1,000 และ 1,500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อาจเป็นจุดสมดุลที่ทำให้เกิดพิษ และเมื่อพิจารณาจากการตรวจค่าเคมีโลหิตของหนูทดลองที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน เพื่อศึกษาว่าสารสกัดมีผลกระทบต่อการทำงานของตับ และไต หรือไม่ พบว่า สารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน มีผลทำให้ค่าเคมีโลหิตของหนูทดลองมีการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ ค่า AST (Asparate aminotransferase) และ ALT (Alanine aminotransferase) เพิ่มขึ้น ค่า BUN (Blood urea nitrogen), Crea (Creatinine), TP (Total protein), และ Alb (Albumin) ลดลง แต่สารสกัดไม่มีผลต่อค่า ALP (Alkaline phosphatase) เนื่องจาก ค่า AST, ALT และ ALP เป็นค่าที่ใช้บ่งบอกถึงการทำงานของตับ (สถาบันธัญญารักษ์. การตรวจการทำงานของตับ, 2550) ค่า AST และ ALT เป็นเอนไซม์ที่อยู่ในเซลล์ตับ เวลาตับอักเสบ มีการตาย ของเซลล์ ถ้าเซลล์ตับถูกทำลายมาก จะมีปริมาณ AST และ ALT จากตับออกมาที่ระบบเลือดปริมาณมากขึ้น ผลจากการทดลองครั้งนี้ พบว่า หนูที่ได้สารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน มีค่า AST และ ALT เพิ่มสูงขึ้นตามขนาดที่ใช้ แสดงให้เห็นว่า สารสกัดส่งผลกระทบต่อการทำงานของตับ อย่างไรก็ตามพบว่า หนูที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนทั้ง 3 ขนาด มีปริมาณ TP และ Alb ลดลงจากหนูควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้อาจกล่าวได้ว่าสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนส่งผลกระทบต่อการสร้างโปรตีนในตับ เนื่องจากปริมาณ TP เป็นค่าที่ใช้บ่งบอกถึงหน้าที่ในการสร้างโปรตีน ถ้าหากความสามารถในการสร้างโปรตีนลดลง จะพบปริมาณ Alb ต่ำลงเช่นเดียวกัน (สถาบันธัญญารักษ์, 2550) ส่วน ค่า BUN กับ ค่า Crea เป็นค่าที่ใช้บ่งบอกถึงการทำงานของไต (ยุทธนา สุดเจริญ, 2554) ค่า BUN หรือการวัดปริมาณ Urea ในเลือด เป็นค่าที่ใช้เพื่อตรวจกรองการทำงานของไต ซึ่งจะพิจารณาร่วมกับค่า Crea ในเลือด เนื่องจากทั้งสองค่านี้จะบ่งบอกการทำงานของไตในการขับสารพิษออกจากร่างกายถ้าร่างกายมีปริมาณ BUN สูงขึ้นบ่งบอกถึงการทำงานของไตบกพร่อง หรือไตทำงานหนัก ทำให้มีสารยูเรีย และไนโตรเจนคั่งค้างอยู่ในกระแสเลือด หรืออาจเนื่องมาจากภาวะตกเลือด ภาวะช็อค การขาดสารน้ำ โรคหัวใจล้มเหลว โรคตับแข็ง และกลุ่มอาการโรคไตเนื่องจากโรคตับ ซึ่งทั้งหมดนี้มีผลต่อการไหลของเลือดที่ไปเลี้ยงไตและการกรองเลือดผ่านไต ทำให้ความสามารถในการขับของเสียลดลงอย่างมาก (ยุทธนา สุดเจริญ, 2554) แต่ผลจากการทดลองครั้งนี้ พบว่า หนูที่ได้สารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน มีผลทำให้ค่า BUN และ Crea ลดลง แสดงให้เห็นว่า สารสกัดไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของไต

4.2.2 ความเป็นพิษกึ่งเรื้อรัง

1. อาการความเป็นพิษ

หลังจากป้อนสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนให้แก่หนูทดลอง ทั้ง 2 กลุ่ม คือ หนูควบคุม และหนูที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทุกวัน แล้วสังเกตอาการของหนูทดลองทุกวัน เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า หนูทดลองไม่แสดงอาการ ความเป็นพิษใด ๆ คือ มีการหายใจปกติ ขับถ่ายปัสสาวะ และอุจจาระปกติ ลักษณะการเคลื่อนไหวเป็นปกติ และไม่พบอาการชัก อาการซึมเศร้า อาเจียน หรือเบื่ออาหาร นอกจากนี้ยังไม่พบหนูทดลองตาย

2. ค่าทางเคมีโลหิต

สารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนมีผลทำให้ค่าเคมีโลหิต ได้แก่ ค่า ALP ของหนูทดลองมีการเปลี่ยนแปลง

หนูที่ได้รับสารสกัดขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่า ALP ลดลงแตกต่างจากหนูควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) (ตาราง 4.4)

3. ค่าโลหิตวิทยา

สารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนมีผลทำให้ค่าโลหิตวิทยา ได้แก่ ค่า MCH, MCHC และ Mono ของหนูทดลองมีการเปลี่ยนแปลง

1. ปริมาณเฉลี่ยของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง (MCH)

สารสกัดขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทำให้หนูทดลองมีปริมาณเฉลี่ยของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง เพิ่มขึ้นแตกต่างจากหนูควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) (ตาราง 4.5)

2. ความเข้มข้นเฉลี่ยของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง (MCHC)

สารสกัดขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทำให้หนูทดลองมีความเข้มข้นเฉลี่ยของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง เพิ่มขึ้นแตกต่างจากหนูควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) (ตาราง 4.5)

3. จำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซต์ (Mono)

สารสกัดขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทำให้หนูทดลองมีจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซต์ ลดลงแตกต่างจากหนูควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) (ตาราง 4.5)

ตารางที่ 4.4 ค่าเคมีโลหิตของหนูทดลองที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ จากการศึกษาความเป็นพิษกึ่งเรื้อรัง (mean±SEM., n=8)

กลุ่มหนูที่ศึกษา	ค่าเคมีโลหิต						
	BUN (mg/d)	Crea (mg/dl)	TP (g/dl)	Alb (g/dl)	AST (U/L)	ALT (U/L)	ALP (U/L)
ควบคุม	23.12±0.53	0.90±0.02	6.80±0.08	3.82±0.05	113.87±2.93	36.87±1.20	102.87±8.03[b]
สารสกัด 250 mg/kg	23.95±1.54	0.90±0.02	6.81±0.12	3.82±0.05	130.87±8.01	39.75±3.25	81.00±7.68[a]

[a,b] อักษรกำกับแตกต่างกัน ในแนวตั้งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

BUN = Blood urea nitrogen, Crea = Creatinine, TP = Total protein, Alb = Albumin,

AST= Asparate aminotransferase, ALT = Alanine aminotransferase, ALP = Alkaline phosphatase

ตารางที่ 4.5 ค่าโลหิตของหนูทดลองที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ จากการศึกษาความเป็นพิษกึ่งเรื้อรัง (mean±SEM., n=8)

กลุ่มหนูที่ศึกษา	ค่าโลหิตวิทยา										
	RBC (cell/m^3)	WBC (x10^6cell/m^3)	Hb (g/dl)	Hct (%)	MCV (fl)	MCH (p/g)	MCHC (g/g ct)	Plt (x10^6 cell/mm^3)	Lym (%)	Mono (%)	Eo (%)
ควบคุม	7.81±0.06	44.25±0.31	15.02±0.09	49.00±0.00	58.25±0.16	19.22±0.04^a	32.71±0.10^a	76.25±0.20	85.87±1.09	4.00±0.18^b	1.12±0.44
สารสกัด 250 mg/kg	7.33±0.57	39.00±0.28	15.51±0.40	48.12±1.10	62.00±2.59	22.90±2.14^b	36.25±1.60^b	67.00±0.35	78.87±1.88	2.12±0.29^a	0.87±0.83

^{a,b} อักษรกำกับแตกต่างกัน ในแนวตั้งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

WBC= White blood cells, RBC= Red blood cell, Hb= Hemoglobin, Hct= Hematocrit, MCV= Mean cell volume mean cell hemoglobin, MCH= Mean corpuscular hemoglobin, MCHC= Mean corpuscular hemoglobin concentration, Plt= Platelets, Lym= Lymphocyte, Mono= Monocyte และ Eo= Eosinophils

4. น้ำหนักสัมพัทธ์ของอวัยวะ

เมื่อศึกษาน้ำหนักสัมพัทธ์ของอวัยวะของหนูทดลอง พบว่า หนูที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่มีผลต่อน้ำหนักสัมพัทธ์ของตับ ไต และหัวใจ แต่มีผลทำให้น้ำหนักสัมพัทธ์ของปอด เพิ่มขึ้นแตกต่างจากหนูควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) (ตาราง 4.6)

ตารางที่ 4.6 น้ำหนักสัมพัทธ์ของอวัยวะ (%) หลังจากที่ได้รับสารสกัดใบมะม่วงกะล่อน เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ จากการศึกษาความเป็นพิษกึ่งเรื้อรัง (mean±SEM; n=8)

กลุ่มหนูที่ศึกษา	น้ำหนักสัมพัทธ์ของอวัยวะ (%)		
	ตับ	ไต	หัวใจ
หนูควบคุม	3.15±0. 08	0.51±0.01	0.27±0.00
หนูที่ได้รับสารสกัด 250 mg/kg	3.19±0.11	0.54±0.01	0.33±0.01

จากการการทดสอบความเป็นพิษกึ่งเรื้อรังในหนูทดลองที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทุกวัน เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ สารสกัดไม่แสดงอาการความเป็นพิษใด ๆ และไม่พบหนูทดลองตาย นอกจากนี้ยังไม่มีผลต่อน้ำหนักสัมพัทธ์ของอวัยวะ (ตับ ไต และหัวใจ) เมื่อพิจารณาการตรวจค่าทางเคมีโลหิตของหนูทดลอง ที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน มีค่า BUN (Blood urea nitrogen), Crea (Creatinine), TP (Total protein), Alb (Albumin), AST (Asparate aminotransferase), และ ALT (Alanine aminotransferase) ไม่แตกต่างจากหนูควบคุม ยกเว้นค่า ALP (Alkaline phosphatase) ลดลงแตกต่างจากหนูควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยอื่น ๆ ที่ศึกษาพิษเฉียบพลันและพิษกึ่งเฉียบพลันของสารสกัดใบพญาวานร ขนาด 250, 500 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในหนูขาว พบว่า สารสกัดใบพญาวานร ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่งผลให้ปริมาณ ALP ลดลงต่ำกว่าหนูที่ได้รับสารสกัดขนาด 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อพิจารณาค่าเคมีโลหิต ได้แก่ TP และ Alb ในหนูที่ได้รับสารสกัดทุกขนาด พบว่าไม่แตกต่างจากหนูควบคุม ซึ่งทำให้ตับทำงานได้อย่างปกติ (พีรวิชญ์ พาดี และคณะ, 2552) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Panunto *et al*. (2011) ที่พบว่า สารสกัดจากผลแห้งของสมอไทย ขนาด 600 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทำให้ปริมาณ ALP ลดลงแตกต่างจากหนูควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) แสดงให้เห็นว่า การทำงานของตับยังคงเป็นปกติเช่นกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ALP เป็นเอนไซม์ที่พบในเนื้อเยื่อหลายแห่งในร่างกาย เช่น ตับ กระดูก ลำไส้เล็ก ไต รก และเม็ดเลือดขาว การตรวจหาระดับ ALP ซึ่งเป็นสารเคมีจากกระดูก และถูกขับถ่ายทางตับผ่านทางน้ำดี ถ้าสารนี้คั่งค้างก็จะบอกได้ว่าการทำงานของตับผิดปกติ เช่น มีการอุดตันทางเดินน้ำดี หรืออาจเกิดจากการทำงานของตับลดลง (สุธาทิพย์ พิชญไพบูลย์, 2554) จากผลการศึกษาครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่า สารสกัดจากใบมะม่วง

กะล่อน ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของตับ และจากการตรวจค่าโลหิตวิทยาของหนูทดลองที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่มีผลต่อจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาว (WBC), จำนวนเซลล์เม็ดเลือดแดง (RBC), ค่าฮีโมโกลบิน (Hb), ค่าฮีมาโทคริต (Hct), ปริมาตรของเม็ดเลือดแดงโดยเฉลี่ย (MCV), จำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ (Lym), จำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดอีโอซิโนฟิล (Eo) และจำนวนเกล็ดเลือด (Plt) ยกเว้น ผลต่อค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง (MCHC) ปริมาณเฉลี่ยของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง (MCH) เพิ่มสูงขึ้นแตกต่างจากหนูควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนส่งผลทำให้ความเข้มข้นของสารละลายในร่างกายหนูทดลองลดลง (แต่ยังจัดว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติ (MCHC)=32.9-37.9) (Douglas and Warbrop, 2010) สำหรับจำนวนเซลล์ เม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซต์ (Mono) ที่ลดลงแตกต่างจากหนูควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน มีผลในการส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกันในร่างกายของ หนูทดลองแทนเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซต์ จึงทำให้หนูทดลองที่ได้รับสารสกัดมีการสร้างเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซต์น้อยลง ทั้งนี้มีรายงานว่าในสารสกัดจากใบมะม่วง (*Mangifera indica*) มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมากมาย เช่น Mangiferin, C-glucosylxanthone (Shah *et al*., 2010), Flavonoids และ Lactone (เฉลิมศรี สถิรสุทธิพงศ์, 2552; Luka and Mohammed, 2012) และ Pholyphenols ซึ่งช่วยเสริมระบบภูมิคุ้มกัน (Masibo, 2009)

4.3 การทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน

4.3.1 ฤทธิ์ลดระดับน้ำตาลในเลือด

ก่อนทำการทดลอง (ในสัปดาห์ที่ 0)

หนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดไม่แตกต่างจากหนูเบาหวานควบคุม แต่เพิ่มขึ้นแตกต่างจากหนูปกติควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ในขณะที่หนูปกติที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดไม่แตกต่างจากหนูปกติควบคุม (ตาราง 4.7)

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ในสัปดาห์ที่ 6)

หนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด ลดลงแตกต่างจากหนูเบาหวานควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) แต่เพิ่มขึ้นแตกต่างจากหนูปกติควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ในขณะที่หนูปกติที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดไม่แตกต่างจากหนูปกติควบคุม

ตารางที่ 4.7 ระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดของหนูทดลอง หนูปกติควบคุม หนูปกติที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน หนูเบาหวานควบคุม หนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ในสัปดาห์ที่ 0 และสัปดาห์ที่ 6 (mean±SEM., n=8)

กลุ่มหนูที่ศึกษา	ระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด (mg/dl)	
	สัปดาห์ที่ 0	สัปดาห์ที่ 6
ปกติควบคุม 0.5% Tween 80	95.12±1.07[a]	88.12±0.97[a]
ปกติ สารสกัด 250 mg/kg	92.12±2.01[a]	86.00±1.05[a]
เบาหวานควบคุม 0.5% Tween 80	303.25±10.38[b]	351.00±29.70[c]
เบาหวาน สารสกัด 250 mg/kg	290.12±38.14[b]	263.75±47.45[b]

[a,b,c] อักษรกำกับแตกต่างกัน ในแนวตั้งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากการศึกษาฤทธิ์ลดระดับน้ำตาลในเลือดของหนูทดลอง พบว่า

ก่อนทำการทดลอง (ในสัปดาห์ที่ 0) พบว่า หนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดไม่แตกต่างจากหนูเบาหวานควบคุม แต่เพิ่มขึ้นแตกต่างจากหนูปกติควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากหนูทั้ง 2 กลุ่ม ถูกเหนี่ยวนำให้เป็นเบาหวานด้วย Steptozotocin (STZ) ซึ่งสาร STZ มีผลจำเพาะเจาะจงที่ β-cell ในตับอ่อน และเมื่อสัตว์ถูกเหนี่ยวนำโดย STZ แล้วจะมีอาการเหมือนคนที่เป็นโรคเบาหวาน คือ ทำให้มีน้ำตาลในเลือดสูง (Hyperglycemia) ปัสสาวะมีน้ำตาลมากผิดปกติ (Glucosuria) ปัสสาวะมีอะซีโตน (Ketonuria) (กมลวรรณ ศรีปลั่ง, 2546: 9 อ้างอิงจาก Junod *et al*., 1969: 2122-2139) สาร STZ ออกฤทธิ์โดยไปจับที่ Glucose transporter (GLUT2) และผ่านเข้าไปใน β-cell เกิดการเติมหมู่ Alkyl ที่สาย DNA ส่งผลให้สาย DNA เสียหาย นอกจากนี้สาร STZ ยังไปกระตุ้นกระบวนการหลั่ง Nitric oxide (NO) ซึ่งมีผลในการทำลายที่ β-cell ของตับอ่อนได้ (กมลวรรณ ศรีปลั่ง, 2546: 10 อ้างอิงจาก Szkudelski, 2001: 536-546) เป็นสาเหตุให้เกิดการตายของเนื้อเยื่อที่ β-cell การทำงานของ β-cell ที่ผิดปกติทำให้มีการสังเคราะห์ Proinsulin ลดลง จึงทำให้ β-cell หลั่งอินซูลินได้น้อยลง ส่งผลให้หนูที่ถูกเหนี่ยวนำให้เป็นเบาหวานด้วย STZ มีระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดสูงกว่าหนูปกติ ในขณะที่หนูปกติที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดไม่แตกต่างจากหนูปกติควบคุม เนื่องจากหนูปกติที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่ได้ถูกเหนี่ยวนำให้เป็นเบาหวาน ด้วย STZ จึงทำให้ β-cell ในตับอ่อน ทำงานเป็นปกติ ร่างกายสามารถนำน้ำตาลเข้าสู่เซลล์เพื่อสร้างเป็นพลังงานได้ นอกจากนี้สารสกัดยังไม่มีผลต่อระดับน้ำตาลในเลือดหนูปกติ

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ในสัปดาห์ที่ 6) พบว่า หนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดลดลงแตกต่างจากหนูเบาหวานควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) แต่ไม่สามารถลดระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดของหนูปกติได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Morsi และคณะ (2010) ได้ทำการศึกษาผลของสารสกัดจากใบมะม่วง (*Mangifera indica*) ต่อระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด ทำการทดสอบในหนูปกติ และหนูที่ถูกเหนี่ยวนำให้เป็นเบาหวานด้วย STZ พบว่า สารสกัดจากใบมะม่วง (*Mangifera indica*) สามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดหนูเบาหวานได้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) นอกจากนี้ยังมีรายงานการศึกษาของ Luka และ Mohammed (2009) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ ผลของสารสกัดจากใบมะม่วง (*Mangifera indica*) ต่อระดับน้ำตาลกลูโคส ทำการทดสอบในหนูปกติ และหนูที่ถูกเหนี่ยวนำให้เป็นเบาหวานด้วย Alloxan พบว่า สารสกัดจาก ใบมะม่วง (*Mangifera indica*) สามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดหนูเบาหวานได้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) แต่ไม่มีผลต่อการออกฤทธิ์ลดระดับน้ำตาลในหนูปกติ นอกจากนี้ยังพบสารพฤกษเคมีของสารสกัดจากใบมะม่วง (*Mangifera indica*) ได้แก่ Alkaloids, Glycosides, Flavonoids และ Saponins ซึ่งเป็นสารที่มีฤทธิ์ลดระดับน้ำตาลในเลือด (Luka and Mohammed, 2009) ทั้งนี้กลไกในการลดระดับน้ำตาลในเลือด ขึ้นอยู่กับการขัดขวางการดูดซึมน้ำตาลที่ลำไส้เล็ก การกระตุ้นการทำงานของฮอร์โมนอินซูลิน โดยทำให้สามารถลำเลียงน้ำตาลเข้าสู่เซลล์ได้เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ระดับน้ำตาลในเลือดลดลง การเปลี่ยนเป็นน้ำตาลเป็นไกลโคเจนเก็บสะสมที่ตับหรือกล้ามเนื้อ หรือมีการยับยั้งการสลายไกลโคเจนเป็นน้ำตาล จากการวิจัยครั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่า สารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนไปกระตุ้นการหลั่งอินซูลินจาก β-cell ของตับอ่อน ทำให้มีการลำเลียงน้ำตาลเข้าสู่เซลล์ได้เพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้หนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน มีระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Petchi และคณะ (2011) ที่พบว่า สารสกัดจากใบมะม่วง (*Mangifera indica*) ขนาด 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สามารถลดระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดได้ และมีระดับอินซูลินเพิ่มขึ้นจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.01)

4.3.2 ฤทธิ์เพิ่มน้ำหนักตัว

ก่อนทำการทดลอง (ในสัปดาห์ที่ 0)

หนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีน้ำหนักตัวไม่แตกต่างจากหนูเบาหวานควบคุม แต่ลดลงแตกต่างจากหนูปกติควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ในขณะที่หนูปกติที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 250 มีน้ำหนักตัวไม่แตกต่างจากหนูปกติควบคุม (ตาราง 4.8)

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ในสัปดาห์ที่ 6)

หนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีน้ำหนักตัวไม่แตกต่างจากหนูเบาหวานควบคุม แต่ลดลงแตกต่างจากหนูปกติควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) และหนูปกติที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 250 มีน้ำหนักตัวลดลงแตกต่างจากหนูปกติควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) (ตาราง 4.8)

ตารางที่ 4.8 น้ำหนักตัวของหนูทดลอง หนูปกติควบคุม หนูปกติที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน หนูเบาหวานควบคุม หนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ในสัปดาห์ที่ 0 และสัปดาห์ที่ 6 (mean±SEM., n=8)

กลุ่มหนูที่ศึกษา	น้ำหนักตัว (กรัม)	
	สัปดาห์ที่ 0	สัปดาห์ที่ 6
ปกติควบคุม 0.5% Tween 80	415.62±28.71[b]	431.87±22.91[b]
ปกติ สารสกัด 250 mg/kg	353.00±30.98[ab]	350.00±32.34[a]
เบาหวานควบคุม 0.5% Tween 80	342.125±26.20[ab]	282.75±12.30[a]
เบาหวาน สารสกัด 250 mg/kg	298.25±24.86[a]	305.87±30.41[a]

[a,b] อักษรกำกับแตกต่างกัน ในแนวตั้งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากการศึกษาฤทธิ์เพิ่มน้ำหนักตัวของหนูทดลอง พบว่า หนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีน้ำหนักตัวไม่แตกต่างจากหนูเบาหวานควบคุม แต่ลดลงแตกต่างจากหนูปกติควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากเมื่อหนูเป็นเบาหวาน ร่างกายผิดปกติไม่สามารถนำน้ำตาลกลูโคสไปใช้เป็นพลังงานได้ จึงต้องสลายไขมันและโปรตีนจากกล้ามเนื้อมาเป็นพลังงานทดแทนทำให้กล้ามเนื้อฝ่อลีบ (ศรีจิตรา บุนนาค, 2526) ส่งผลให้น้ำหนักตัวลดลงและน้อยกว่าหนูปกติควบคุม แสดงให้เห็นว่า สารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนไม่มีฤทธิ์ในการเพิ่มน้ำหนักตัวทั้งในหนูเบาหวานและในหนูปกติ

4.3.3 ฤทธิ์ต่อค่าทางเคมีโลหิต

สารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนมีผลทำให้ค่าเคมีโลหิต ได้แก่ ค่า BUN, TP, Alb, ALT และ ALP ของหนูทดลองมีการเปลี่ยนแปลง

1. ปริมาณ Blood urea nitrogen (BUN)

หนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่า BUN ไม่แตกต่างจากหนูเบาหวานควบคุม แต่มีค่า BUN เพิ่มขึ้นแตกต่างจากหนูปกติควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่หนูปกติที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่า BUN ไม่แตกต่างจากหนูปกติควบคุม (ตาราง 4.9)

2. ปริมาณ Total protein (TP)

หนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่า TP ไม่แตกต่างจากหนูเบาหวานควบคุม แต่มีค่า TP ลดลงแตกต่างจากหนูปกติควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่หนูปกติที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่า TP ไม่แตกต่างจากหนูปกติควบคุม (ตาราง 4.9)

3. ปริมาณ Albumin (Alb)

หนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่า Alb ไม่แตกต่างจากหนูเบาหวานควบคุม แต่มีค่า Alb ลดลงแตกต่างจากหนูปกติควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ในขณะที่หนูปกติที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่า Alb ไม่แตกต่างจากหนูปกติควบคุม (ตาราง 4.9)

4. ปริมาณ Alanine aminotransferase (ALT)

หนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่า ALT ลดลงแตกต่างจากหนูเบาหวานควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) แต่มีค่า ALT ไม่แตกต่างจากหนูปกติควบคุม ในขณะที่หนูปกติที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่า ALT ไม่แตกต่างจากหนูปกติควบคุม (ตาราง 4.9)

5. ปริมาณ Alkaline phosphatase (ALP)

หนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่า ALP ลดลงแตกต่างจากหนูเบาหวานควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) และมีค่า ALP ลดลงแตกต่างจากหนูปกติควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ในขณะที่หนูปกติที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่า ALP ลดลงแตกต่างจากหนูปกติควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตารางที่ 4.9 ค่าเคมีโลหิตของหนูทดลอง หนูปกติควบคุม หนูปกติที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนหนูเบาหวานควบคุม หนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจาก ใบมะม่วงกะล่อน เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (mean±SEM., n=8)

กลุ่มหนูที่ศึกษา	ค่าเคมีโลหิต						
	BUN (mg/dl)	Crea (mg/dl)	TP (g/dl)	Alb (g/dl)	AST (U/L)	ALT (U/L)	ALP (U/L)
ปกติควบคุม 0.5%Tween 80	23.12±0. 53[a]	0.90±0.02	6.80±0.08[b]	3.82±0.05[b]	113.87±2.93	36.87±1.20[a]	102.87±8.03[b]
ปกติที่ได้รับ สารสกัด 250 mg/kg	23.95±1.54[a]	0.90±0.02	6.81±0.12[b]	3.82±0.05[b]	115.87±3.01	39.75±3.25[ab]	81.00±7.68[a]
เบาหวานควบคุม 0.5% Tween 80	28.41±0.78[b]	0.91±0.01	5.80±0.21[a]	3.32±0.07[a]	111.00±1.70	49.37±6.00[b]	131.12±7.65[c]
เบาหวาน สารสกัด 250 mg/kg	30.13±2.16[b]	0.92±0.02	6.10±0.16[a]	3.50±0.08[a]	119.25±12.57	38.12±0.66[a]	70.12±5.00[a]

[a,b,c] อักษรกำกับแตกต่างกัน ในแนวตั้งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

BUN = Blood urea nitrogen, Crea = Creatinine, TP = Total protein, Alb = Albumin,

AST= Asparate aminotransferase, ALT = Alanine aminotransferase, ALP = Alkaline phosphatase

จากการตรวจค่าเคมีโลหิตที่แสดงการทำงานของไต ได้แก่ BUN (Blood urea nitrogen) และ Crea (Creatinine) พบว่า ในหนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่า มีค่า BUN ไม่แตกต่างจากหนูเบาหวานควบคุม แต่เพิ่มขึ้นจากหนูปกติควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ซึ่งค่า BUN หรือการวัดปริมาณ Urea ในเลือด เป็นค่าที่ใช้เพื่อตรวจกรองการทำงานของไต ถ้าร่างกายมีปริมาณ BUN สูงขึ้น บ่งบอกถึงการทำงานของไตบกพร่อง หรือไตทำงานหนัก (ยุทธนา สุดเจริญ, 2554) เพราะในผู้ป่วยเบาหวานเกิดจากความผิดปกติในการทำหน้าที่ของอินซูลิน ทำให้เมตตาบอลิซึมของคาร์โบไฮดรตผิดปกติ มีผลทำให้ระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดสูงขึ้นจนเกินความสามารถที่ไตกักเก็บไว้ได้ ทำให้มีการกรองน้ำตาลกลูโคสออกทางปัสสาวะ ส่งผลให้ไตต้องทำงานหนักเป็นเวลานาน (บุญทิพย์ สิริธรังศรี, 2539) แต่อย่างไรก็ตาม หนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 250 มีค่า BUN ไม่แตกต่างกันจากหนูเบาหวานควบคุม อาจเป็นไปได้ว่าสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนทำให้หนูเบาหวานสามารถนำน้ำตาลกลูโคสมาใช้ได้ ทำให้การทำงานของไตลดลง และยังพบว่าหนูปกติที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่า BUN ไม่แตกต่างจากหนูปกติควบคุม และเมื่อพิจารณาร่วมกับ ค่า Crea ซึ่งบ่งบอกถึงการทำงานของไต พบว่า หนูทดลองทุกกลุ่ม มีค่า Crea ไม่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่า สารสกัดจาก ใบมะม่วงกะล่อนไม่มีผลต่อการทำงานของไตทั้งในหนูเบาหวานและในหนูปกติ และจากการตรวจค่าเคมีโลหิตที่แสดงการทำงานของตับ ได้แก่ TP (Total protein), Alb (Albumin), AST (Asparate aminotransferase), ALT (Alanine aminotransferase) และ ALP (Alkaline phosphatase) พบว่า หนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่า TP และ Alb ไม่แตกต่างจากหนูเบาหวานควบคุม แต่ลดลงแตกต่างจากหนูปกติควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ซึ่งค่า TP เป็นค่าที่ใช้บ่งบอกถึงหน้าที่ในการสร้างโปรตีน ถ้าหากความสามารถในการสร้างโปรตีนลดลง จะพบปริมาณ Alb ต่ำลงเช่นเดียวกัน (สถาบันธัญญารักษ์. การตรวจการทำงานของตับ, 2550) ซึ่งค่า Alb เป็นโปรตีนที่สำคัญที่สุด เนื่องจากพบมากในเลือด ถูกสร้างโดยตับจากกรดอะมิโนที่ได้รับจากอาหาร ค่าที่ต่ำ แสดงถึง ภาวะขาดอาหาร ท้องเสีย ไข้ ติดเชื้อ โรคตับ หรือการขาดสารอาหารประเภทเหล็ก เป็นต้น (ประสาร เปรมะสกุล, 2551) ทั้งนี้ค่า TP และ Alb ที่ลดลงจากหนูปกติ อาจเนื่องมาจากตับได้รับความเสียหาย จึงส่งผลให้การสร้างโปรตีนลดลง แต่อย่างไรก็ตามหนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่า TP และ Alb ไม่แตกต่างกันจากหนูเบาหวานควบคุม แสดงว่า สารสกัดไม่ผลกระทบต่อการสร้างโปรตีนในตับ เมื่อพิจารณาจากค่า AST, ALT และ ALP พบว่า หนูปกติที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่า ALP ลดลงจากหนูปกติควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) อีกทั้งยังพบว่า หนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่า ALP ลดลงแตกต่างจากหนูเบาหวานควบคุม และหนูปกติควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ซึ่งค่า ALP เป็นเอนไซม์ที่พบในเนื้อเยื่อหลายแห่งในร่างกาย ส่วนใหญ่จะได้จากตับ และกระดูก ถ้าพบค่าสูงขึ้น อาจมีการอุดตันของระบบทางเดินน้ำดีในตับ หรือมีความผิดปกติเกี่ยวกับเซลล์ตับหรือเซลล์กระดูก เนื่องจากเซลล์เหล่านี้ถูกทำลาย หรือสูญเสียหน้าที่ (ณัฏฐิณี จรัสเจริญวิทยา และคณะ, 2555) จากผลงานวิจัยครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่า สารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของตับในหนูเบาหวานและหนูปกติ นอกจากนี้ หนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีผลทำให้ค่า ALT

ลดลงแตกต่างจากหนูเบาหวานควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) แต่ไม่แตกต่างจากหนูปกติควบคุม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Morsi *et al.* (2010) ได้ทำการศึกษาผลของสารสกัดจากใบมะม่วง (*Mangifera indica*) ต่อการทำงานของตับ พบว่า หนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัด ขนาด 30, 50 และ 70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่งผลทำให้ปริมาณ ALT ลดลงแตกต่างจากหนูเบาหวานควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) นอกจากนี้ หนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัด ขนาด 30 ทำให้ปริมาณ ALT ลดลงน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับหนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัด ขนาด 50 และ 70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และยังไม่แตกต่างจากหนูปกติควบคุม ส่งผลให้การทำงานของตับเป็นปกติ ซึ่งค่า ALT เป็นเอนไซม์ที่อยู่ในเซลล์ตับ เวลาตับอักเสบ มีการตายของเซลล์ ถ้าเซลล์ตับถูกทำลายมาก จะมีปริมาณ ALT จากตับออกมาที่ระบบเลือดปริมาณมากขึ้นเช่นเดียวกับ AST แต่จากผลงานวิจัยครั้งนี้ สารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทำให้ค่า ALT และ ALP ลดลง แสดงว่า สารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของตับในหนูเบาหวานและหนูปกติ

4.3.4 ฤทธิ์ต่อค่าทางโลหิตวิทยา

สารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนมีผลทำให้ค่าโลหิตวิทยา ได้แก่ ค่า RBC, Hb, Hct MCH, MCHC, Plt, Lym และ Mono ของหนูทดลองมีการเปลี่ยนแปลง

1. จำนวนเซลล์เม็ดเลือดแดง (RBC)

หนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีจำนวนเซลล์เม็ดเลือดแดงไม่แตกต่างจากหนูเบาหวานควบคุม แต่เพิ่มขึ้นแตกต่างจากหนูปกติควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ในขณะหนูปกติที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีจำนวนเซลล์เม็ดเลือดแดงไม่แตกต่างจากหนูปกติควบคุม (ตาราง 4.10)

2. ค่าฮีโมโกลบิน (Hb)

หนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าฮีโมโกลบินไม่แตกต่างจากหนูเบาหวานควบคุม แต่เพิ่มขึ้นจากหนูปกติควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ในขณะที่หนูปกติที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าฮีโมโกลบิน ไม่แตกต่างจากหนูปกติควบคุม (ตาราง 4.10)

3. ค่าฮีมาโทคริต (Hct)

หนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าฮีมาโทคริตไม่แตกต่างจากหนูเบาหวานควบคุม และหนูปกติควบคุม และหนูปกติที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าฮีมาโทคริตไม่แตกต่างจากหนูปกติควบคุม (ตาราง 4.10)

4. ปริมาณเฉลี่ยของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง (MCH)

หนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีปริมาณเฉลี่ยของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงไม่แตกต่างจากหนูเบาหวานควบคุม และหนูปกติควบคุม ในขณะที่หนูปกติที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีปริมาณเฉลี่ยของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง ลดลงแตกต่างจากหนูปกติควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ในขณะที่ (ตาราง 4.10)

5. ความเข้มข้นเฉลี่ยของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง (MCHC)

หนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีความเข้มข้นเฉลี่ยของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง ไม่แตกต่างจากหนูเบาหวานควบคุม และหนูปกติควบคุม ในขณะที่หนูปกติที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีความเข้มข้นเฉลี่ยของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง เพิ่มขึ้นแตกต่างจากหนูปกติควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตาราง 4.10)

6. จำนวนเกล็ดเลือด (Plt)

หนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีจำนวนเกล็ดเลือด เพิ่มขึ้นแตกต่างจากหนูเบาหวานควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากหนูปกติควบคุม และหนูปกติที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีจำนวนเกล็ดเลือดไม่แตกต่างจากหนูกลุ่มปกติควบคุม (ตาราง 4.10)

7. จำนวนเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ (Lym)

หนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีจำนวนเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ ไม่แตกต่างจากหนูเบาหวานควบคุม และหนูปกติควบคุม และหนูปกติที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีจำนวนเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ไม่แตกต่างจากหนูกลุ่มปกติควบคุม (ตาราง 4.10)

8. จำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซต์ (Monocyte)

หนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซต์ไม่แตกต่างจากหนูเบาหวานควบคุม แต่ลดลงแตกต่างจากหนูปกติควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และหนูปกติที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซต์ ลดลงแตกต่างจากหนูปกติควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตาราง 4.10)

ตาราง 4.10 ค่าโลหิตวิทยาของหนูทดลอง หนูปกติควบคุม หนูปกติที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนหนูเบาหวานควบคุม หนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (mean±SEM; n=8)

กลุ่มหนูที่ศึกษา	ค่าโลหิตวิทยา										
	RBC ($cell/m^3$)	WBC ($\times10^6$ $cell/mm^3$)	Hb (g/dl)	Hct (%)	MCV (fl)	MCH (p/g)	MCHC (g/g ct)	Plt ($\times10^6$ $cell/mm^3$)	Lym (%)	Mono (%)	Eo (%)
หนูปกติควบคุม 0.5% Tween 80	7.81±0.06^{ab}	44.25±0.31	15.02±0.09^{a}	49.00±0.00^{a}	58.25±0.16	19.22±0.04^{a}	32.71±0.10^{a}	76.25±0.20^{b}	85.87±1.09^{b}	4.00±0.18^{b}	1.12±0.44
หนูปกติสารสกัด 250 mg/kg	7.33±0.57^{a}	39.00±0.28	15.51±0.40^{a}	48.12±1.10^{a}	62.00±2.59	22.90±2.14^{b}	36.25±1.60^{b}	67.00±0.35^{ab}	78.87±1.88^{ab}	2.12±0.29^{a}	0.87±0.83
หนูเบาหวานควบคุม 0.5% Tween 80	8.63±0.16^{bc}	38.00±0.28	16.80±0.27^{b}	51.87±0.54^{b}	57.87±0.39	19.31±0.21^{a}	33.42±0.26^{a}	57.00±0.45^{a}	75.12±3.35^{a}	2.50±0.26^{a}	0.82±0.02
หนูเบาหวานสารสกัด 250 mg/kg	9.02±0.19^{c}	45.75.±0.51	17.22±0.43^{b}	50.62±1.34^{ab}	58.00±0.50	19.06±0.15^{a}	32.81±0.25^{a}	70.25±0.29^{b}	82.12±2.82^{ab}	2.87±0.51^{a}	0.62±0.18

^{a,b,c} อักษรกำกับแตกต่างกัน ในแถวเดียวกันมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

MCV= Mean cell volume mean cell hemoglobin, MCH= Mean corpuscular hemoglobin, MCHC= Mean corpuscular hemoglobin concentration, Plt= Platelets, Lym= Lymphocyte, Mono= Monocyte และ Eo= Eosinophils

จากการศึกษาค่าทางโลหิตวิทยาของหนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่มีผลต่อจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาว (WBC), จำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิด อีโอซิโนฟิล (Eo) แต่มีผลต่อจำนวนเซลล์เม็ดเลือดแดง (RBC), ค่าฮีโมโกลบิน (Hb), ค่าฮีมาโทคริต (Hct), ปริมาตรของเม็ดเลือดแดงโดยเฉลี่ย (MCV), จำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ (Lym), จำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซต์ (Mono), ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง (MCHC) และปริมาณเฉลี่ยของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง (MCH) และจำนวนเกล็ดเลือด (Plt) พบว่า หนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีจำนวนเซลล์เม็ดเลือดแดง (RBC) และ ฮีโมโกลบิน (Hb) ไม่แตกต่างจากหนูเบาหวานควบคุม แต่เพิ่มขึ้นแตกต่างจากหนูปกติควบคุม ซึ่งจำนวนเซลล์เม็ดเลือดแดง (RBC) มีหน้าที่สำคัญในการลำเลียงก๊าซออกซิเจนไปให้เซลล์ของร่างกาย โดยออกซิเจนจะจับกับโปรตีนที่เป็นส่วนประกอบของเซลล์เม็ดเลือดแดง คือ ฮีโมโกลบิน (Haemoglobin) อยู่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ เมื่อฮีโมโกลบินมีออกซิเจนมาเกาะจะเปลี่ยนเป็นออกซีฮีโมโกลบิน (Oxyhaemoglobin) ทำให้เลือดเป็นสีแดงจัด และจำนวนเซลล์เม็ดเลือดแดงสามารถบ่งบอกถึงการสร้างและการทำลายที่มากหรือน้อยได้ เช่น ถ้าหากมีจำนวนเซลล์เม็ดเลือดเพิ่มสูงขึ้น อาจเกิดจากการมีเลือดไหลจากหัวใจลดลง หรือปอดมีการแลกเปลี่ยนก๊าซไม่เพียงพอ และถ้ามีจำนวนเซลล์เม็ดเลือดต่ำเกินไปอาจเกิดจากการขาด วิตามินบี 12 หรือ บี 6 การติดเชื้อเรื้อรัง หรือการเป็นโรคไตเรื้อรัง อาจเป็นไปได้สารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนอาจเพิ่มจำนวนเซลล์เม็ดเลือดแดงในร่างกายของหนูเบาหวาน อย่างไรก็ตาม จากผลงานวิจัยครั้งนี้ พบว่า หนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีจำนวนเซลล์เม็ดเลือดแดง (RBC), ค่าฮีโมโกลบิน (Hb) ไม่แตกต่างจากหนูเบาหวานควบคุมอีกทั้งในหนูปกติที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีจำนวนเซลล์เม็ดเลือดแดง (RBC) และค่าฮีโมโกลบิน (Hb) ไม่แตกต่างจากหนูปกติควบคุม แสดงว่า สารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนไม่มีผลต่อจำนวนเซลล์เม็ดเลือดแดง (RBC) และ ค่าฮีโมโกลบิน (Hb) ทั้งในหนูเบาหวานและในหนูปกติ และหนูปกติที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีปริมาณเฉลี่ยของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง (MCH) และค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง (MCHC) เพิ่มสูงขึ้นจากหนูควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$ แต่ยังจัดว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติ (Douglas and Warbrop, 2010) และหนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีจำนวนเกล็ดเลือดเพิ่มขึ้นแตกต่างจากหนูเบาหวานควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากหนูปกติควบคุม ซึ่งจำนวนเกล็ดเลือด (Plt) เป็นส่วน Cytoplasm ของ Megakaryocyte ไม่มีนิวเคลียสจึงสามารถสังเคราะห์โปรตีนได้น้อยมาก (Kieffer *et al*., 1987) แต่เกล็ดเลือดสะสมสารประกอบและโมเลกุลหลายชนิดที่มีบทบาทต่อการแข็งตัวของเลือด (hemostasis) การสลายลิ่มเลือด (Fibrinolysis) และการหายของบาดแผล (Wound healing) ดังนั้น การมีปริมาณของเกล็ดเลือดที่มากเกินไปทำให้เกิดการแข็งตัวของเลือดได้ง่าย และนำไปสู่การเกิดก้อนลิ่มเลือดอุดตันเส้นเลือดได้ ในทางตรงกันข้ามหากมีปริมาณของเกร็ดเลือดน้อยเกินไปก็จะส่งผลให้เกิดความผิดปกติในกระบวนการห้ามเลือด เกิดเลือดไหลหยุดช้า หรือเลือดไหลไม่หยุดได้ (ปรียานาถ วงศ์จันทร์, 2552) นอกจากนี้ยังพบว่าหนูปกติที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซต์ (Mono) ลดลงแตกต่างจากหนูปกติควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน มีผลในการส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกันในร่างกายของ

หนูทดลองแทนเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซต์ (Mono) จึงทำให้หนูทดลองที่ได้รับสารสกัดมีการสร้างเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซต์ (Mono) น้อยลง ทั้งนี้มีรายงานว่า ในสารสกัดจากใบมะม่วง (*Mangifera indica*) มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมากมาย เช่น Mangiferin (Shah *et al*., 2010), Flavonoids, Lactone (เฉลิมศรี สถิรสุทธิพงศ์, 2552; Luka and Mohammed, 2012) และ Pholyphenols ซึ่งช่วยเสริมระบบภูมิคุ้มกัน (Masibo, 2009)

4.3.5 ฤทธิ์ลดระดับไขมันในเลือด

เมื่อให้สารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนแก่หนูทดลอง พบว่า หนูปกติควบคุม และหนูปกติที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนมีค่า CHO, LDL, HDL, และ TG ไม่แตกต่างกัน และในขณะที่หนูเบาหวานควบคุม และหนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน มีค่า CHO, LDL, HDL, และ TG ไม่แตกต่างกัน แต่ระดับไขมันในเลือด ได้แก่ CHO และ LDL ของหนูเบาหวานสูงกว่าหนูปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากหนูที่เป็นเบาหวาน เกิดจากความผิดปกติที่เกิดจากเมตาโบลิซึมของไขมัน คือ ทำให้เกิดความผิดปกติทั้งโครงสร้างและปริมาณไขมัน จึงทำให้ไม่สามารถนำไปเก็บสะสมในเซลล์ไขมันและเซลล์ตับได้ (ชัยสิทธิ์ และคณะ, 2552) ซึ่งระดับไขมันในเลือดผิดปกติ เป็นภาวะที่ร่างกายมีระดับไขมันต่างไปจากเกณฑ์ที่เหมาะสม (ชาตรี บานชื่น และคณะ, 2549) ความผิดปกติของระดับไขมัน มีหลายรูปแบบ ได้แก่ ระดับโคเลสเตอรอลรวมในเลือดสูง ระดับไขมันเลวในเลือดสูง ระดับไขมันดีในเลือดต่ำ และระดับไตรกลีเซอไรด์ในเลือดสูง หรืออาจเกิดจากปัจจัยภายในร่างกาย เช่น พันธุกรรม หรือความเจ็บป่วยบางประการ ได้แก่ โรคเบาหวาน โรคไตวายเรื้อรัง หรือโรคตับ และสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนยังมีผลทำให้ระดับ HDL ของหนูเบาหวานสูงกว่าของหนูปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งมีรายงานการวิจัยของ (Luka and Mohammed, 2009) ที่พบว่า หนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดใบมะม่วง (*Mangifera indica*) มีระดับ HDL เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่ง HDL เป็นไขมันดี มีหน้าที่นำคอเลสเตอรอลจากกระแสเลือดไปทำลายที่ตับ ช่วยลดคอเลสเตอรอลรวมให้ต่ำลง แต่เนื่องจากผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่า สารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนทำให้ระดับไขมันในเลือด ได้แก่ CHO, LDL, HDL, และ TG ไม่แตกต่างกันทั้งในหนูปกติและในหนูเบาหวาน แสดงให้เห็นว่าสารสกัดไม่มีฤทธิ์ในการลดระดับไขมันทั้งในหนูปกติ และในหนูเบาหวาน

ตารางที่ 4.11 ระดับไขมันในเลือดของหนูทดลอง หนูปกติควบคุม หนูปกติที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนหนูเบาหวานควบคุม หนูเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (mean±SEM; n=8)

กลุ่มหนูที่ศึกษา	คุณลักษณะไขมัน			
	TC (mg/dl)	TG (mg/dl)	LDL (mg/dl)	HDL (mg/dl)
ปกติควบคุม 0.5% Tween 80	99.00±3.22[b]	134.62±13.87[ab]	50.00±0.56[a]	27.25±1.93[b]
ปกติสารสกัด 250 mg/kg	94.25±1.70[b]	104.12±4.38[a]	51.12±1.39[a]	26.25±1.82[b]
เบาหวานควบคุม 0.5% Tween 80	134.25±6.05[a]	141.12±11.82[b]	69.37±4.63[b]	20.75±0.52[a]
เบาหวาน สารสกัด 250 mg/kg	123.87±11.36[a]	114.00±9.73[ab]	66.62±4.78[b]	19.87±0.29[a]

[a,b] อักษรกำกับแตกต่างกัน ในแนวตั้งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)
HDL = High density lipoprotein, LDL = Low density lipoprotein
TC = Total Cholesterol, TG = Triglyceride

4.3.6 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

4.3.6 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากใบมะม่วง

การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน โดยใช้วิธี 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazil (DPPH free radical scavenging assay) โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร พบว่า สารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนสามารถยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ได้ โดยมีค่า Effective concentration (EC_{50}) เท่ากับ 525.24±12.74 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้เทียบเท่ากับสารมาตรฐาน Ascorbic acid (517.17±11.87 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) (ตาราง 4.12)

ตารางที่ 4.12 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนเปรียบเทียบกับ Ascorbic acid (mean±SEM.)

สารตัวอย่าง	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ EC_{50} (µg/ml)
สารสกัดใบมะม่วง	525.24±12.74
Ascorbic acid	517.17±11.87

หมายเหตุ – Effective concentration (EC_{50}) คือ ค่าความสามารถของปริมาณสารสกัดที่ทำการยับยั้งอนุมูลอิสระได้ครึ่งหนึ่ง

จากการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อน พบว่า สารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระใกล้เคียงกับ Ascorbic acid สาเหตุที่สารสกัดจากใบมะม่วงกะล่อนมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ อาจเนื่องมาจากการตรวจพบสารออกฤทธิ์ที่สำคัญชนิดหนึ่ง คือ Gallic acid ซึ่งเป็นสารในกลุ่มโพลีฟีนอล มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) (Borde *et al*., 2011) และมีรายงานการวิจัยที่พบว่า สารสกัดจากใบมะม่วง (*Mangifera indica*) มีสารออกฤทธิ์ที่สำคัญ คือ Phenols และ Flavonoides ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในปริมาณสูง นอกจากนี้ ยังมีรายงานการวิจัยของ Joona และคณะ (2013) ได้ทำการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดใบมะม่วง (*Mangifera indica*) ที่สกัดด้วย Methanolic 90% ด้วยวิธี 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazil (DPPH free radical scavenging assay) โดยใช้ความเข้มข้น 20, 40, 60, 80, และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร พบว่า สารสกัดใบมะม่วง (*Mangifera indica*) สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ได้ โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารสกัด (41.8, 42.5, 44.0, 45.0 และ 49.0%) ตามลำดับ