

## บทที่ 4 ผลการทดลอง

### 4.1 ผลการทดลองสำหรับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะการเผาไหม้

ในการทดลองได้ทำการทดลองแบบไม่มีภาระ และที่ความเร็วรอบ 1000-2500 รอบต่อนาที พร้อมทั้งบันทึกค่าด้วยโปรแกรม Dewesoft จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ ได้แก่ ข้อมูลความดันในห้องเผาไหม้ การปลดปล่อยความร้อนเนื่องจากการเผาไหม้ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์ นำมาแสดงในรูปแบบกราฟดังต่อไปนี้

เปรียบเทียบความดันภายในกระบอกสูบ อัตราการปลดปล่อยความร้อน และอัตราการปลดปล่อยความร้อนสุทธิ เมื่อใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลกับดีเซล

รูปที่ 4.1(ก) ถึง 4.30(ก) แสดงกราฟความดันในห้องเผาไหม้กับองศาเพลาช้อเหวียง

รูปที่ 4.1(ข) ถึง 4.30(ข) แสดงกราฟอัตราการปลดปล่อยความร้อน (Heat Release Rate)

เปรียบเทียบ IMEP<sub>n</sub> (ความดันยังผลเฉลี่ยบ่งชี้สุทธิ) แรงบิด กำลัง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ และความร้อนในกระบอกสูบ เมื่อใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลกับดีเซล

รูปที่ 4.31(ง) ถึง 4.35(ง) แสดงกราฟอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ

รูปที่ 4.31(จ) ถึง 4.35(จ) แสดงกราฟความร้อนในกระบอกสูบ

รูปที่ 4.31(ฉ) ถึง 4.35(ฉ) แสดงกราฟ กำลัง

รูปที่ 4.31(ช) ถึง 4.30(ช) แสดงกราฟ แรงบิด

รูปที่ 4.31(ซ) ถึง 4.30(ซ) แสดงกราฟ IMEP<sub>n</sub> (ความดันยังผลเฉลี่ยบ่งชี้สุทธิ)

#### สัญลักษณ์ที่ใช้

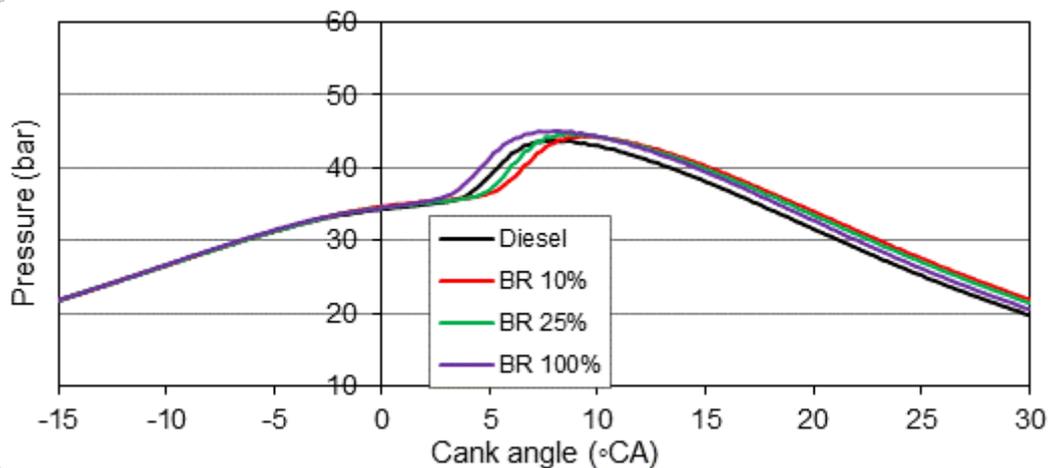
ไบโอดีเซลจากเมล็ดยางพารา = BR (Biodiesel from rubber seed)

ไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำ = BJ (Biodiesel from Jatropha seed)

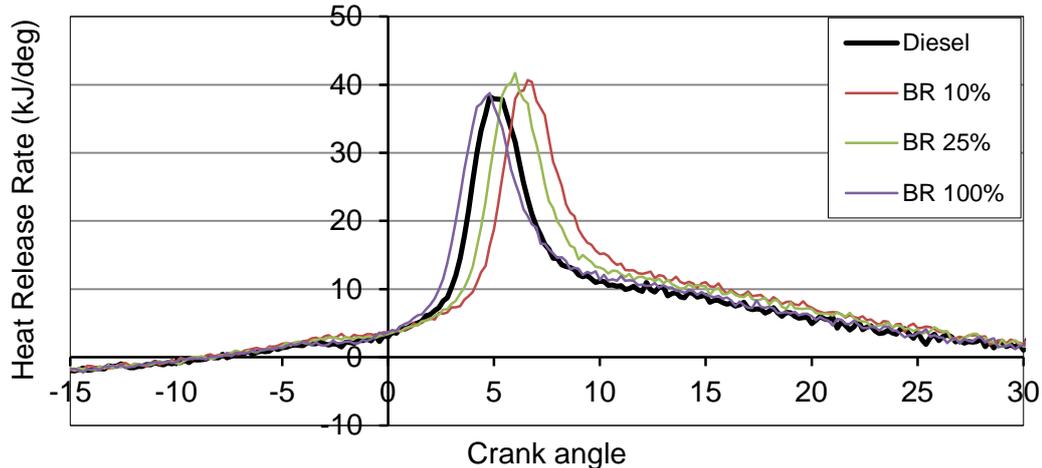
ไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าว = BC (Biodiesel from Coconut oil)

ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม = BP (Biodiesel from Palm oil)

4.1.1 กราฟเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพาราที่ 1000 rpm

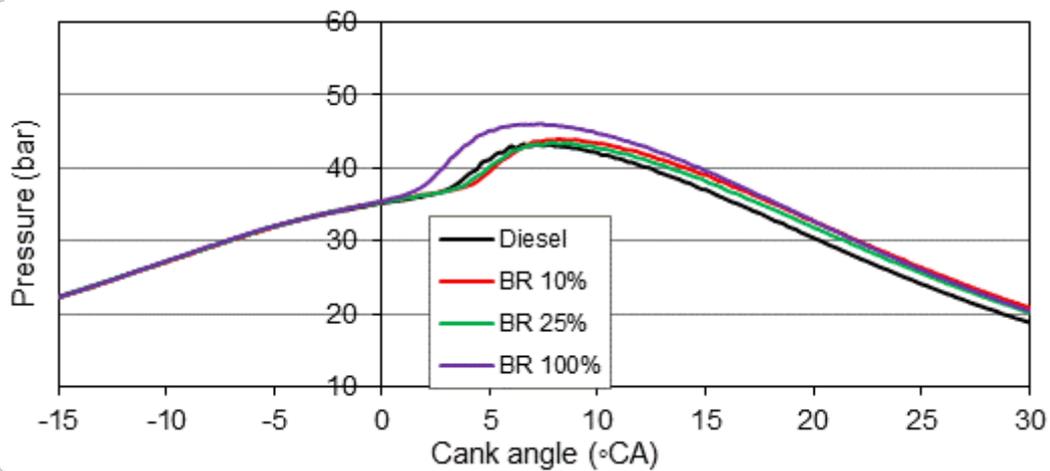


รูปที่ 4.1(ก) ความดันในห้องเผาไหม้

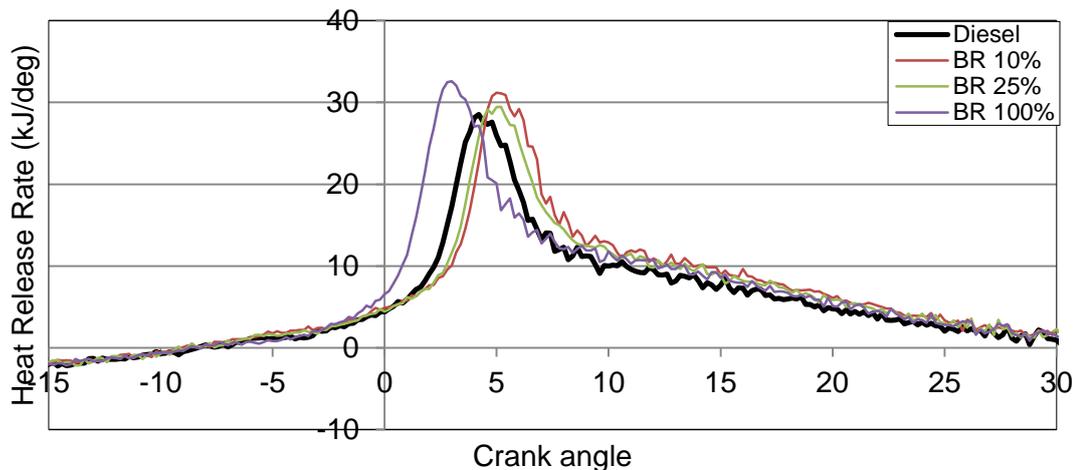


รูปที่ 4.1(ข) อัตราการปล่อยความร้อน

4.1.2 กราฟเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพาราที่ 1250 rpm

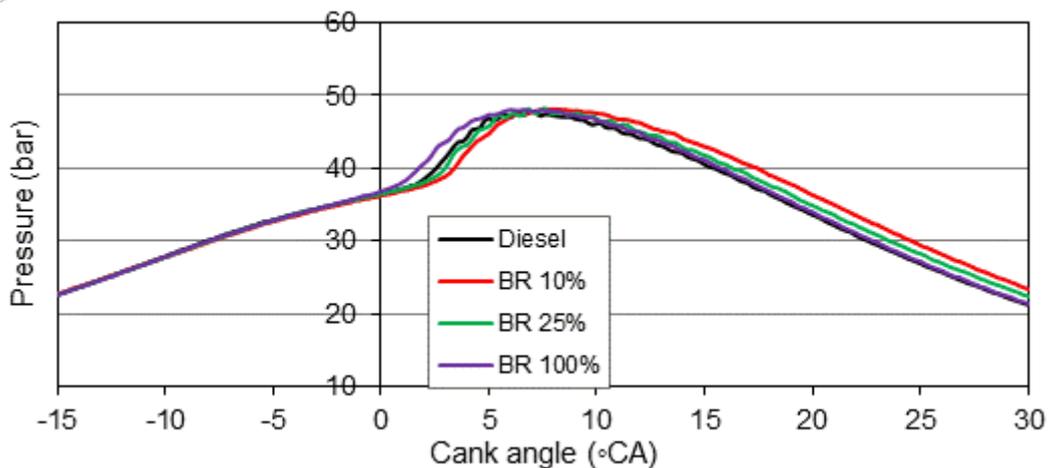


รูปที่ 4.2 (ก) ความดันในห้องเผาไหม้

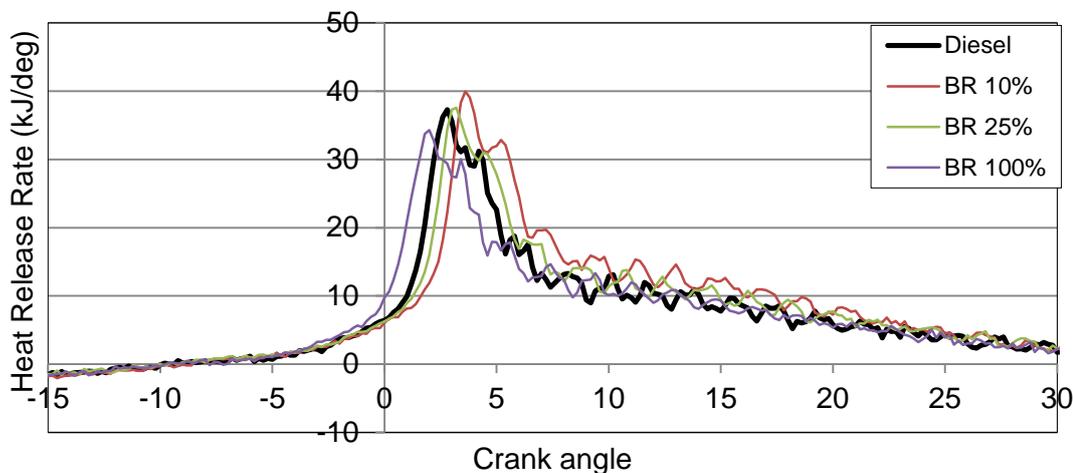


รูปที่ 4.2(ข) อัตราการปล่อยความร้อน

4.1.3 กราฟเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพาราที่ 1500 rpm

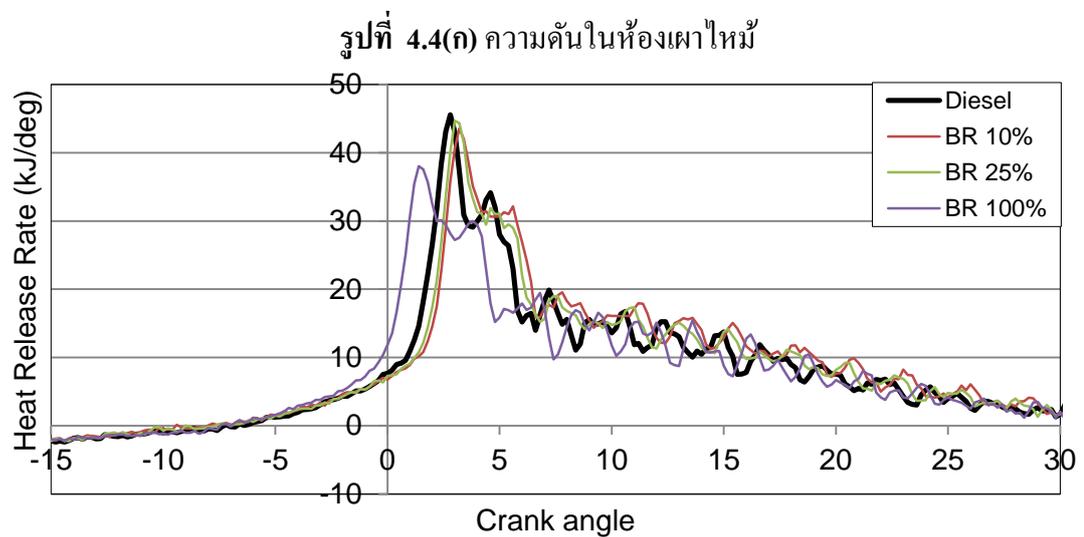


รูปที่ 4.3(ก) ความดันในห้องเผาไหม้



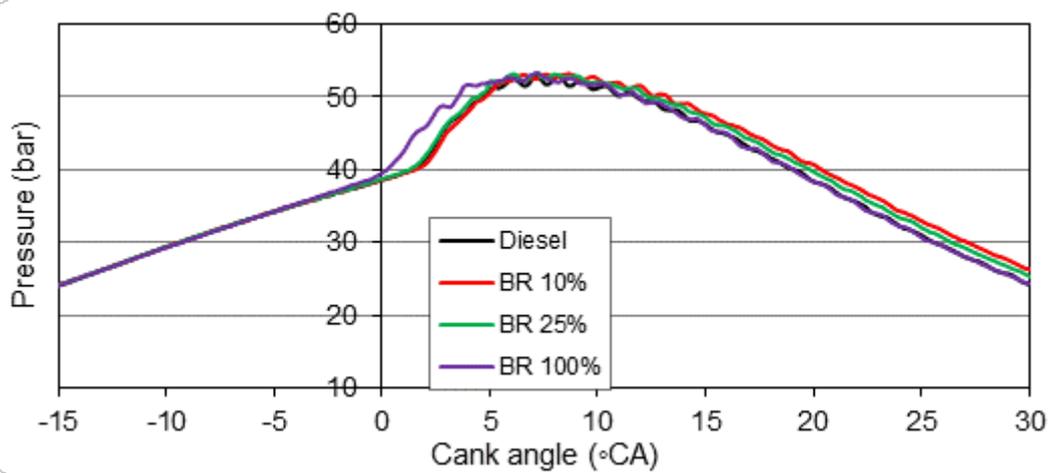
รูปที่ 4.3(ข) อัตราการปล่อยความร้อน

#### 4.1.4 กราฟเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพาราที่ 2000 rpm

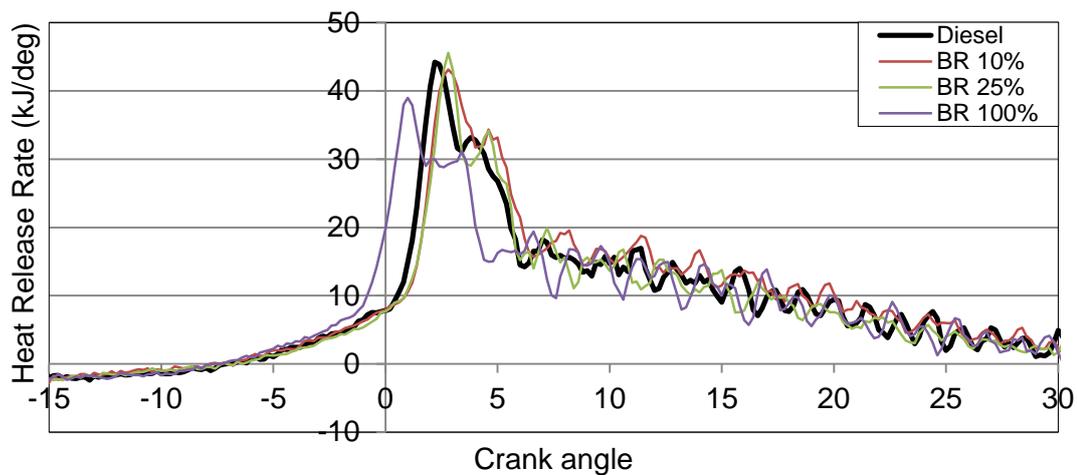


รูปที่ 4.4(ข) อัตราการปล่อยความร้อน

#### 4.1.5 กราฟเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพาราที่ 2250 rpm

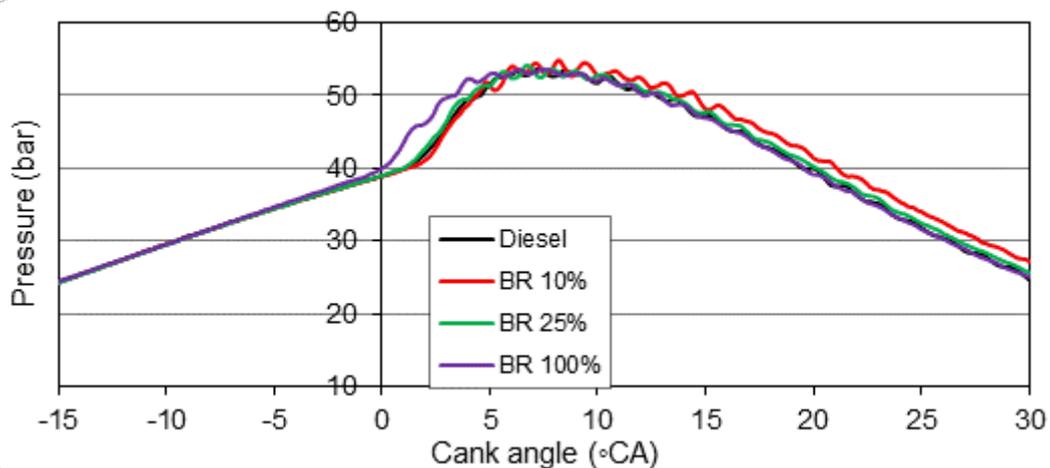


รูปที่ 4.5(ก) ความดันในห้องเผาไหม้

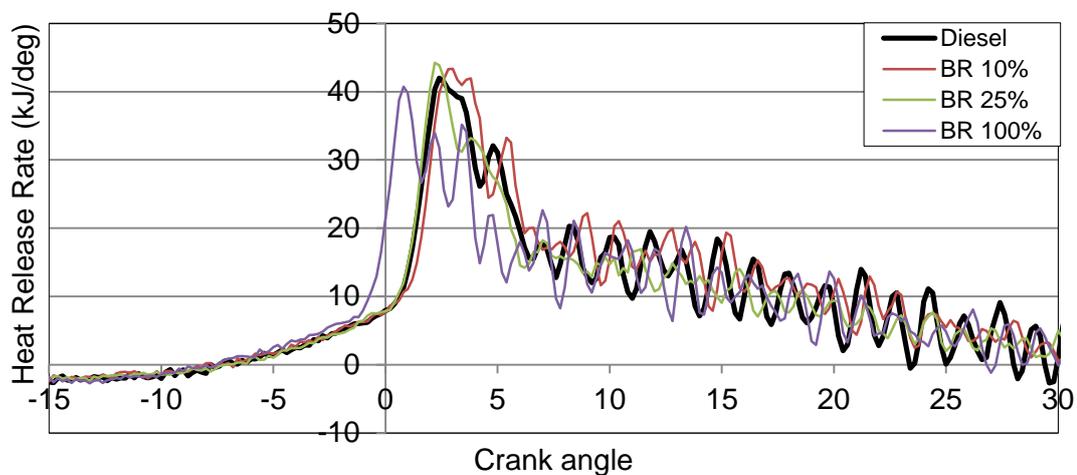


รูปที่ 4.5(ข) อัตราการปล่อยความร้อน

#### 4.1.6 กราฟเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพาราที่ 2500 rpm



รูปที่ 4.6(ก) ความดันในห้องเผาไหม้



รูปที่ 4.6(ข) อัตราการปล่อยความร้อน

ตารางที่ 4.1 ค่าความดันสูงสุดในห้องเผาไหม้ และองศาเพลลาข้อเหวี่ยงที่จุดความดันสูงสุดของ BR

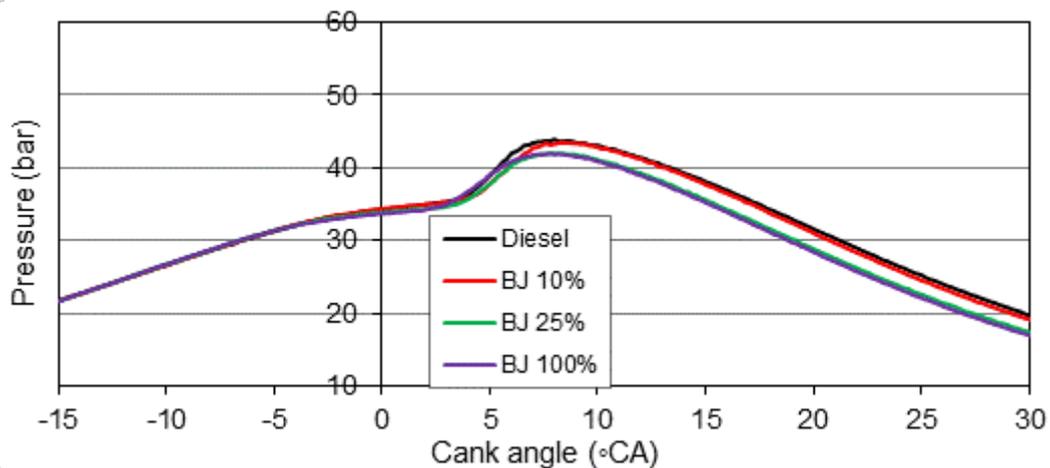
รอบ (rpm)	ดีเซล		BR 10%		BR 25%		BR 100%	
	P <sub>max</sub> (bar)	CA						
1000	43.91	8.00	43.65	9.20	44.19	8.60	45.00	8.00
1250	43.36	7.20	43.16	8.20	42.88	7.80	45.99	7.40
1500	47.86	7.00	47.53	8.20	47.75	7.60	47.98	6.60
2000	51.74	7.40	50.58	7.00	50.29	7.80	51.67	7.60
2250	52.92	8.20	52.20	8.60	52.64	7.20	53.17	7.20
2500	53.65	7.40	53.92	8.20	53.55	6.80	53.33	7.40

เปรียบเทียบความดันภายในกระบอกสูบ อัตราการปล่อยความร้อน และอัตราการปล่อยความร้อนสุทธิ เมื่อใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดคางพารากับดีเซล

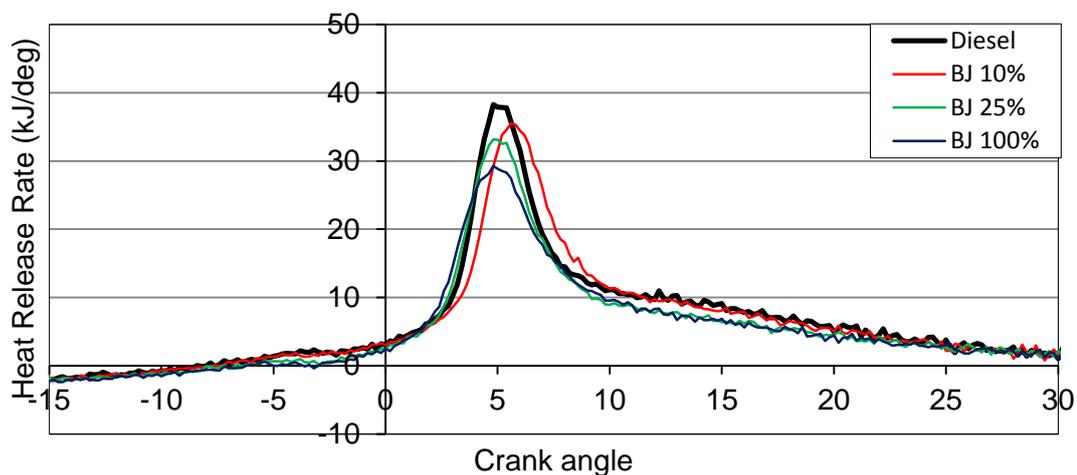
จากรูปที่ 4.1(ก) ถึง 4.6(ก) และตารางที่ 4.1 ซึ่งแสดงความดันในห้องเผาไหม้ จะพบว่าไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดคางพาราจะมีความดันสูงสุดใกล้เคียงกับดีเซล และตำแหน่งที่ความดันสูงสุดของ BR 10% และ BR 25% จะช้ากว่าดีเซล แต่ BR 100% จะมีตำแหน่งที่ความดันสูงสุดใกล้เคียงกับดีเซล

จากรูปที่ 4.1(ข) ถึง 4.6(ข) ซึ่งแสดงอัตราการปล่อยความร้อน จะพบว่าอัตราการปล่อยความร้อนของ BR 10% และ 25% เมื่อความเร็วรอบสูงขึ้นกราฟจะมีแนวโน้มเลื่อนเข้าใกล้ดีเซลมากขึ้น และกราฟ BR 100% จะอยู่ก่อนหน้ากราฟดีเซล และเมื่อรอบสูงขึ้นกราฟอัตราการปล่อยความร้อนจะมีค่า peak 2 จุดเนื่องจากเมื่อหัวฉีดฉีดเชื้อเพลิงจะเกิดการเผาไหม้ในส่วนที่สัมผัสกับอากาศก่อนที่หัวฉีดจะฉีดเชื้อเพลิงหมดจึงทำให้เกิดการเผาไหม้หลายครั้ง

#### 4.1.7 กราฟเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดสับด้าที่ 1000 rpm

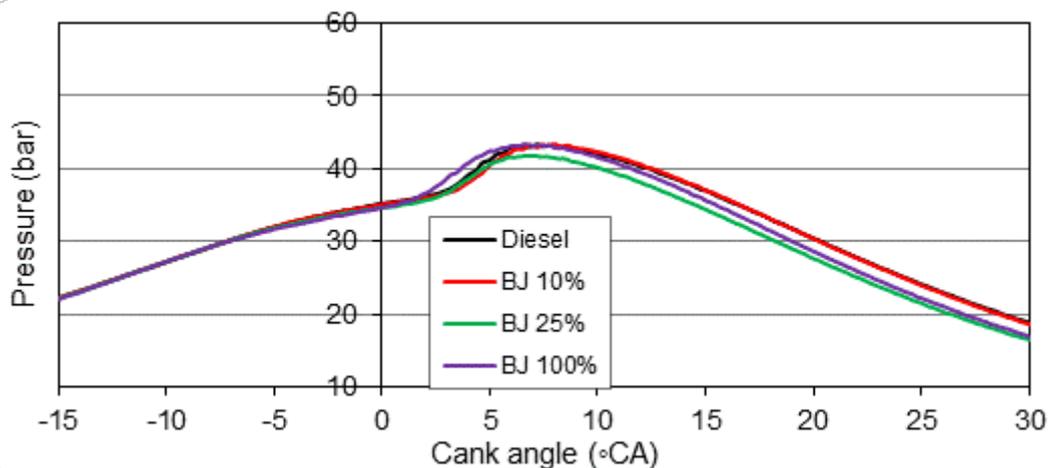


รูปที่ 4.7(ก) ความดันในห้องเผาไหม้

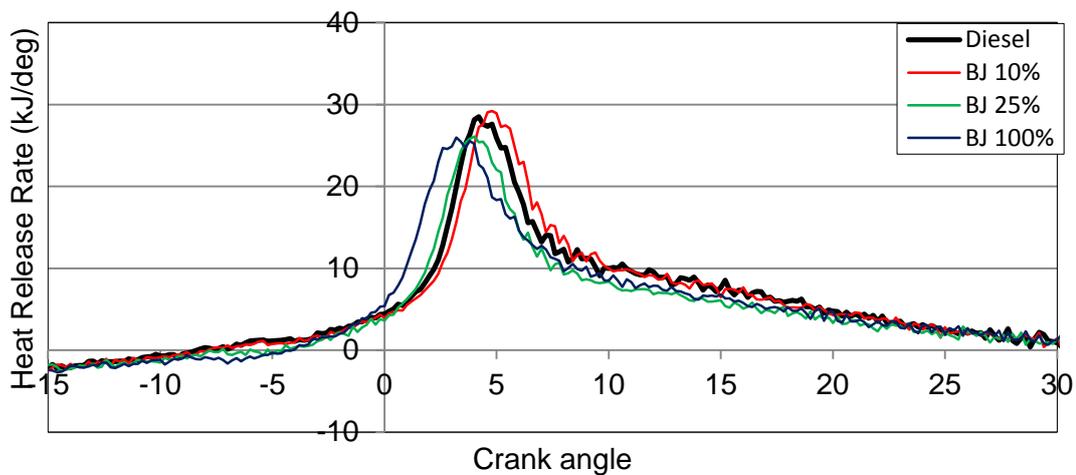


รูปที่ 4.7(ข) อัตราการปล่อยความร้อน

#### 4.1.8 กราฟเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดสับด้าที่ 1250 rpm

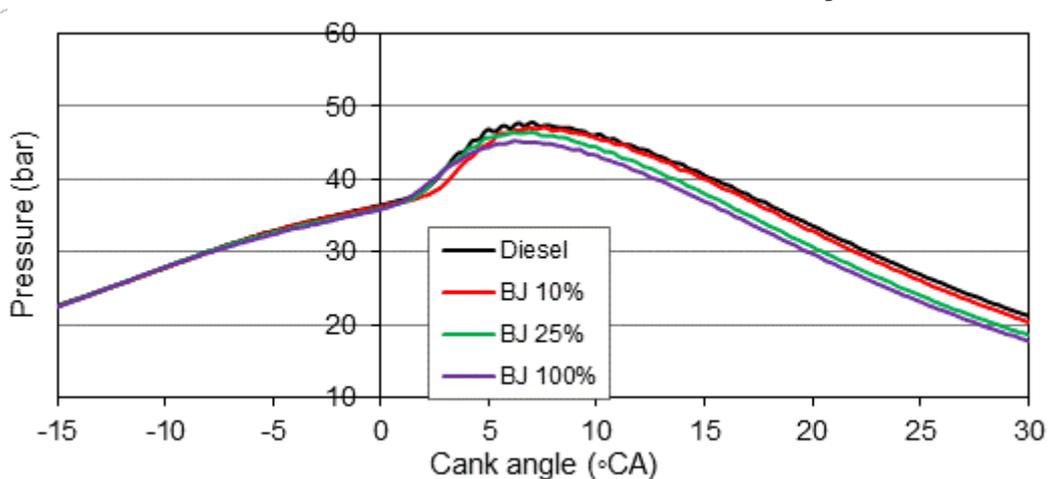


รูปที่ 4.8(ก) ความดันในห้องเผาไหม้

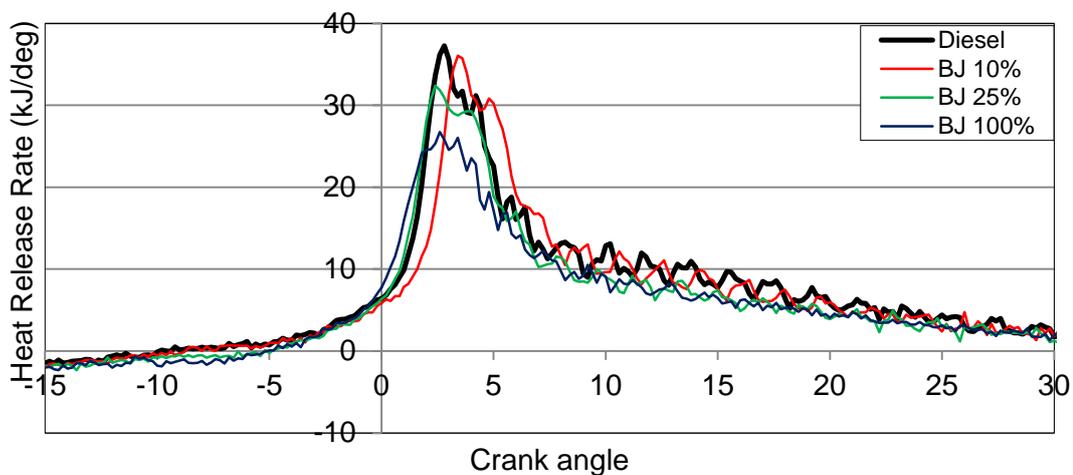


รูปที่ 4.8(ข) อัตราการปล่อยความร้อน

4.1.9 กราฟเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดสับดำที่ 1500 rpm

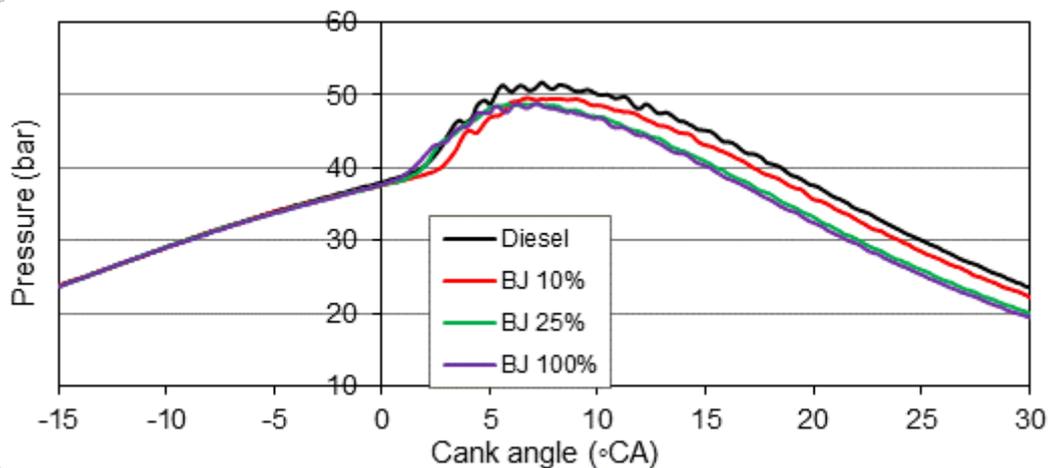


รูปที่ 4.9(ก) ความดันในห้องเผาไหม้

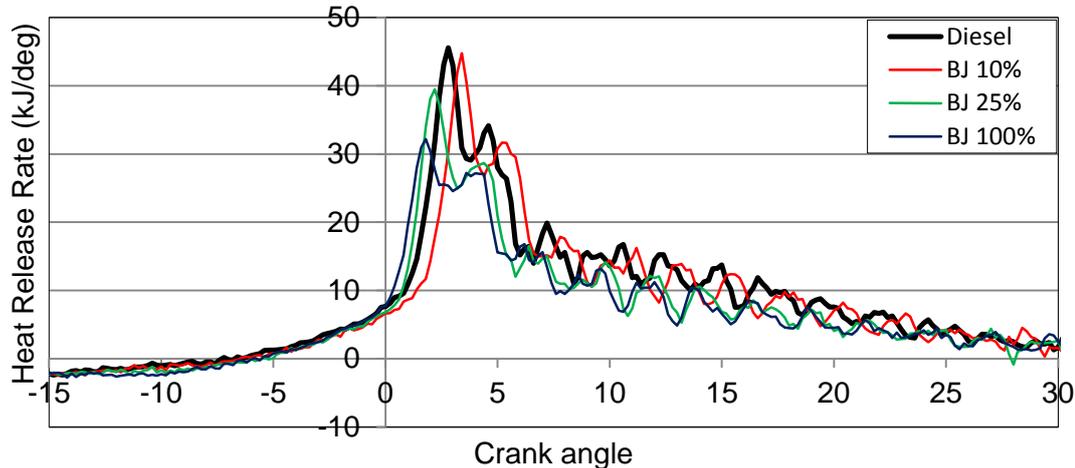


รูปที่ 4.9(ข) อัตราการปล่อยความร้อน

#### 4.1.10 กราฟเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดสับดูดำที่ 2000 rpm

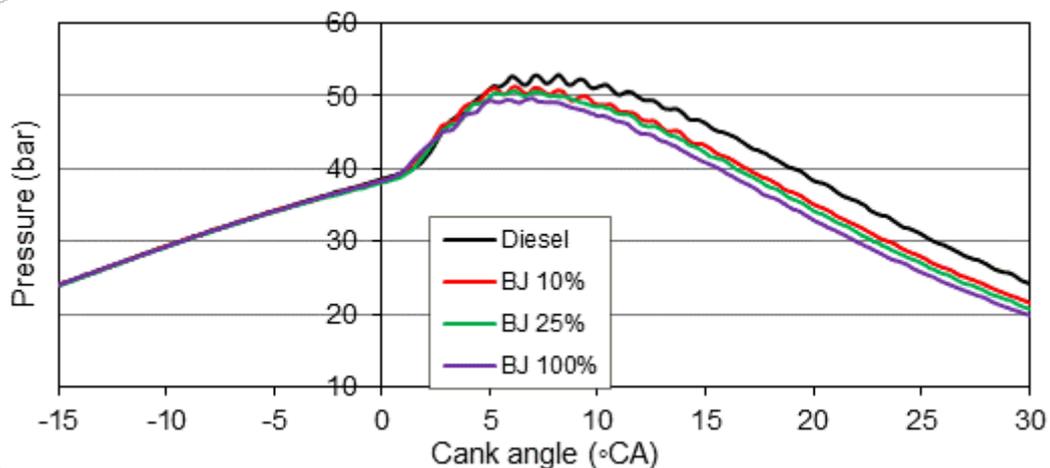


รูปที่ 4.10(ก) ความดันในห้องเผาไหม้

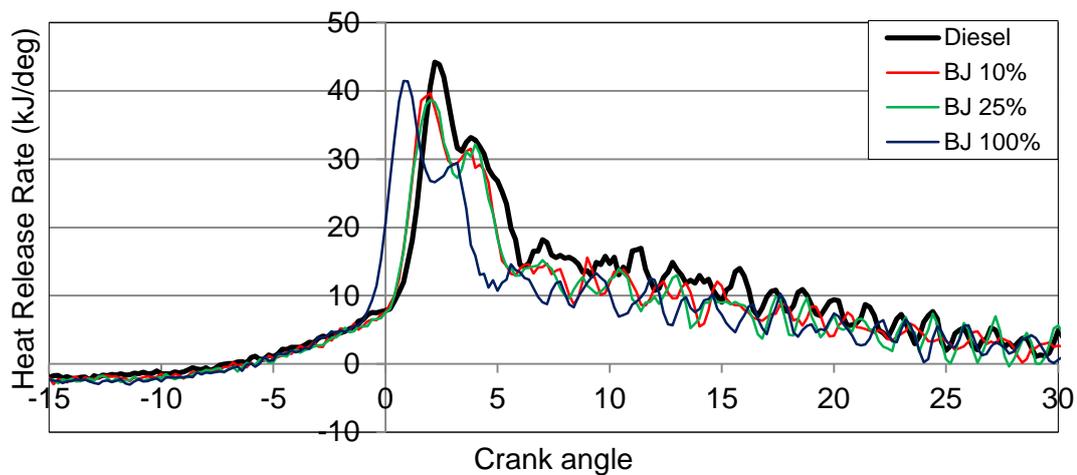


รูปที่ 4.10(ข) อัตราการปล่อยความร้อน

#### 4.1.11 กราฟเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดสับดูดำที่ 2250 rpm

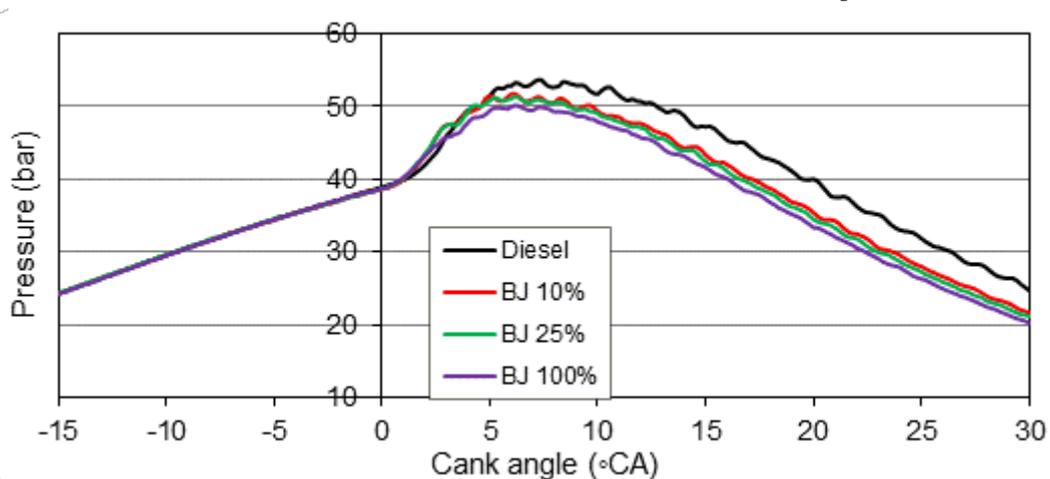


รูปที่ 4.11(ก) ความดันในห้องเผาไหม้

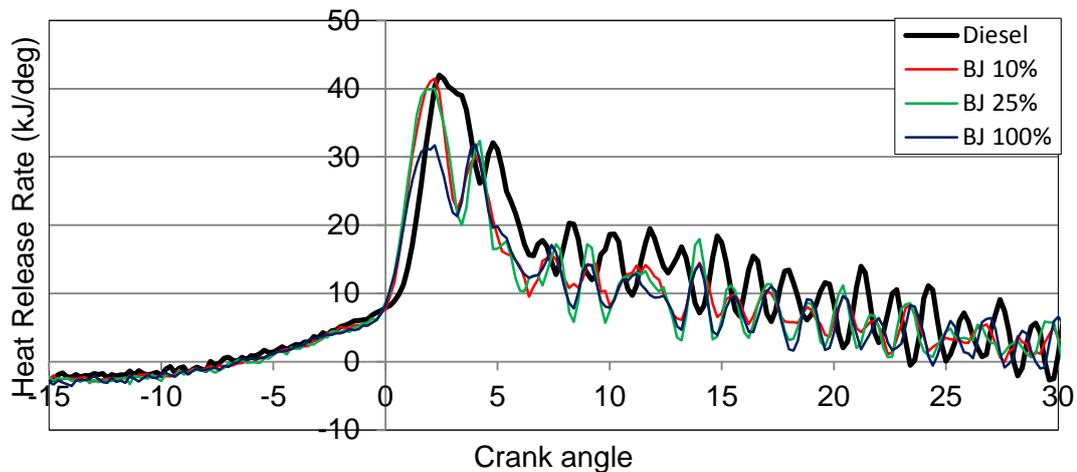


รูปที่ 4.11(ข) อัตราการปล่อยความร้อน

4.1.12 กราฟเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดสบู่ดำที่ 2500 rpm



รูปที่ 4.12(ก) ความดันในห้องเผาไหม้



รูปที่ 4.12(ข) อัตราการปล่อยความร้อน

ตารางที่ 4.2 ค่าความดันสูงสุดในห้องเผาไหม้ และองศาเพลลาข้อเหวี่ยงที่จุดความดันสูงสุดของ BJ

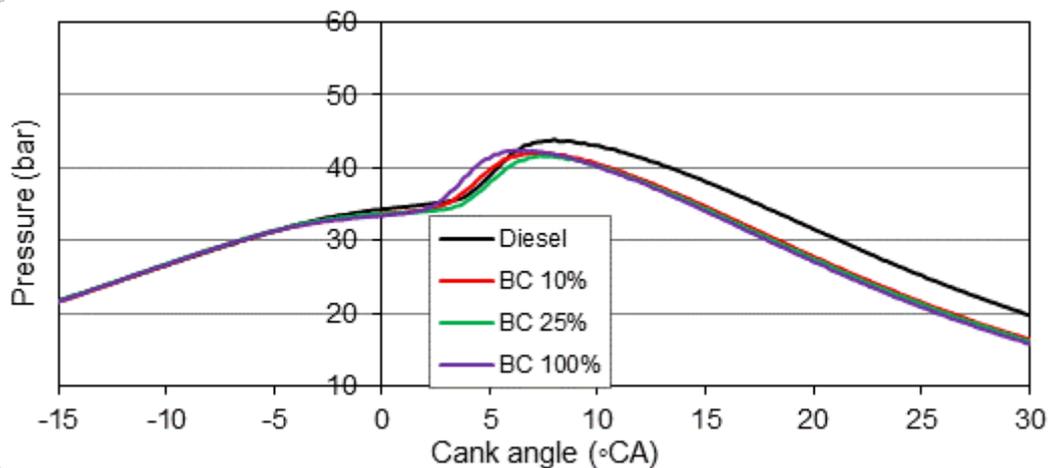
รอบ (rpm)	ดีเซล		BJ 10%		BJ 25%		BJ 100%	
	P <sub>max</sub> (bar)	CA						
1000	43.91	8.00	44.02	8.60	43.37	7.80	43.69	7.60
1250	43.36	7.20	43.73	8.00	43.21	7.00	45.26	6.60
1500	47.86	7.00	47.53	7.60	47.90	7.00	47.21	6.20
2000	51.74	7.40	50.09	6.80	50.21	7.20	50.83	7.20
2250	52.92	8.20	52.44	6.20	52.26	6.20	51.53	7.00
2500	53.65	7.40	52.91	6.00	52.97	6.20	52.04	6.20

เปรียบเทียบความดันภายในกระบอกสูบ อัตราการปล่อยความร้อน และอัตราการปล่อยความร้อนสุทธิ เมื่อใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดสบู่ดำกับดีเซล

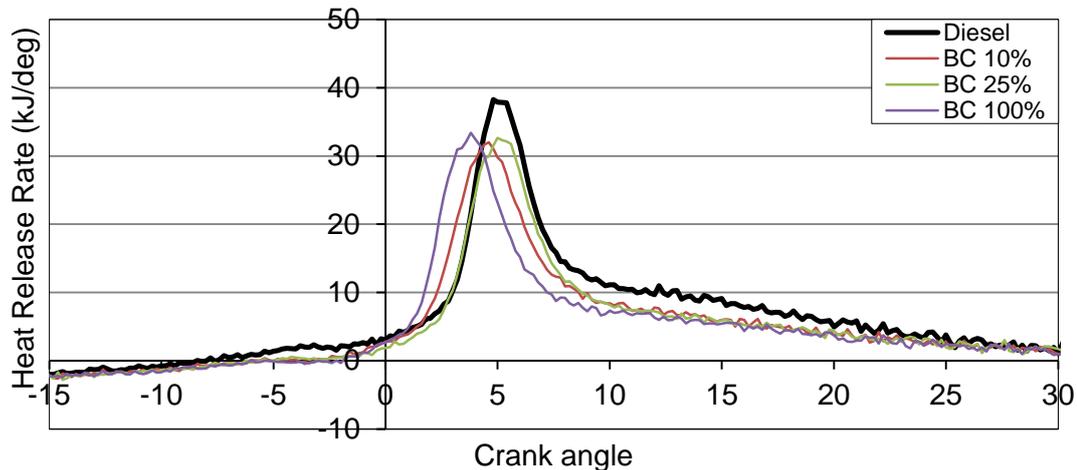
จากรูปที่ 4.7(ก) ถึง 4.12(ก) และตารางที่ 4.2 ซึ่งแสดงความดันในห้องเผาไหม้ จะพบว่าไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดสบู่ดำมีความดันสูงสุดใกล้เคียงกับดีเซล แต่ตำแหน่งที่ความดันสูงสุดของ BJ 10%, 25% และ 100% จะอยู่ก่อนดีเซล และกราฟของน้ำมัน ไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดสบู่ดำทุกส่วนผสมจะอยู่ก่อนดีเซล

จากรูปที่ 4.7(ข) ถึง 4.12(ข) ซึ่งแสดงอัตราการปล่อยความร้อน จะพบว่าอัตราการปล่อยความร้อนของ BJ 10%, 25% และ 100% จะมีรูปแบบของกราฟใกล้เคียงดีเซล แต่ค่าอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดของ BJ 10%, 25% และ 100% จะน้อยกว่าดีเซล และเมื่อส่วนผสมมากขึ้นค่าอัตราการปล่อยความร้อนจะลดลง และที่รอบสูง BR 100% จะมีค่า peak 2 ค่าเท่ากันแสดงให้เห็นว่าน้ำมันสบู่ดำเกิดการเผาไหม้เร็วกว่าดีเซล

#### 4.1.13 กราฟเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวที่ 1000 rpm

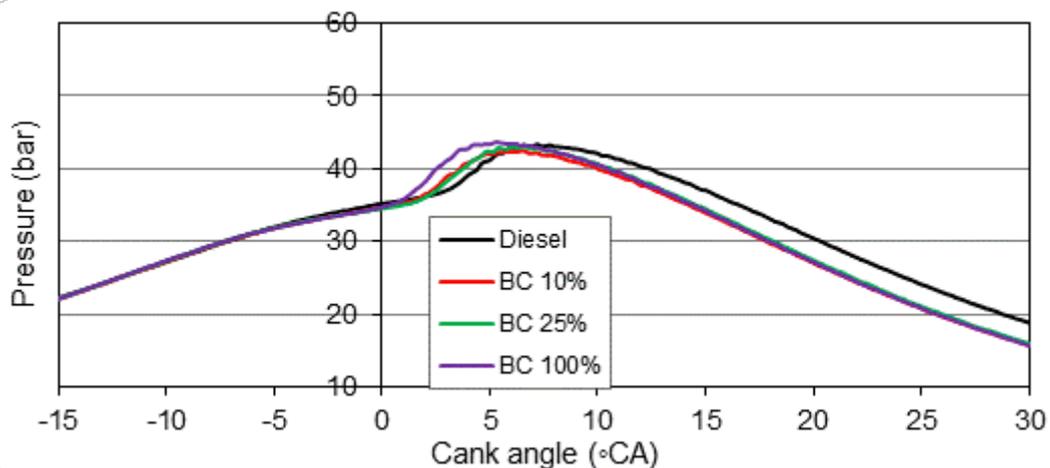


รูปที่ 4.13(ก) ความดันในห้องเผาไหม้

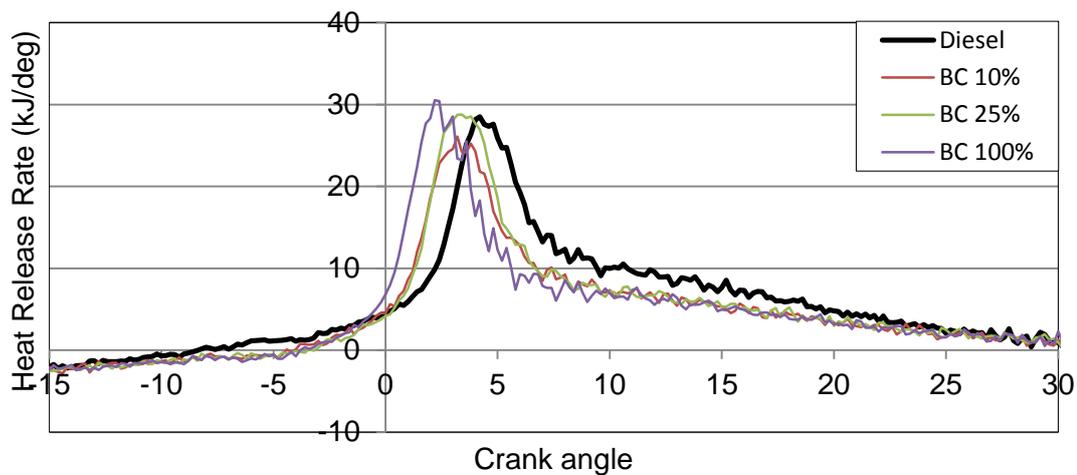


รูปที่ 4.13(ข) อัตราการปล่อยความร้อน

#### 4.1.14 กราฟเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวที่ 1250 rpm

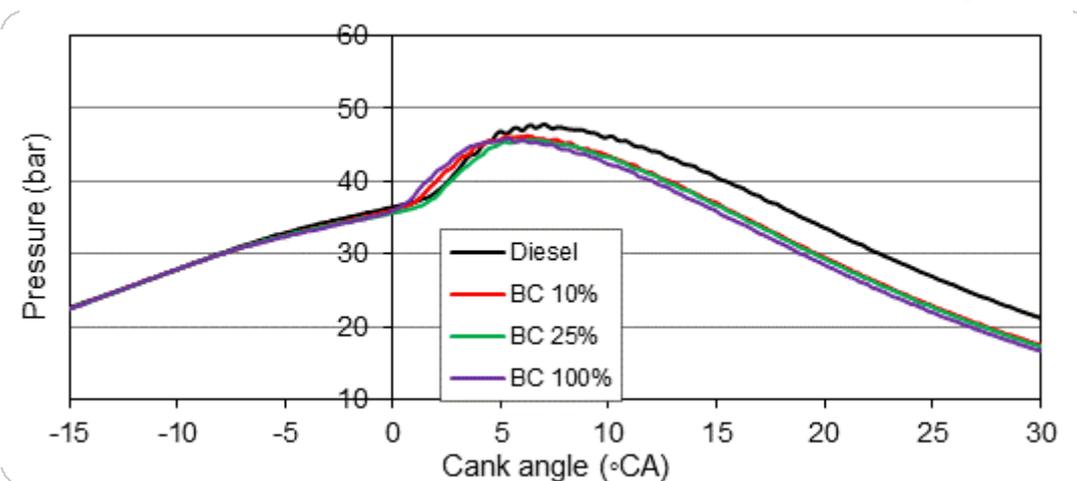


รูปที่ 4.14(ก) ความดันในห้องเผาไหม้

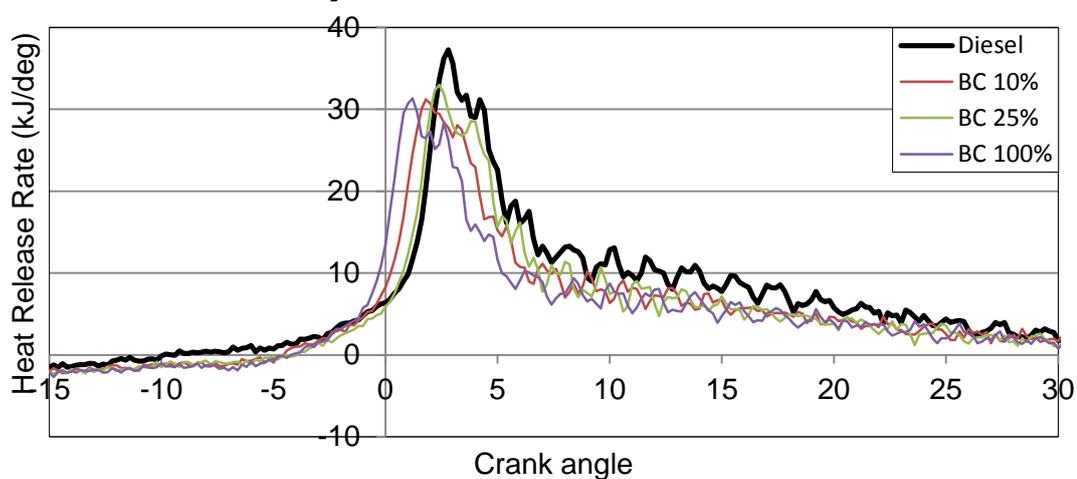


รูปที่ 4.14(ข) อัตราการปล่อยความร้อน

4.1.15 กราฟเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวที่ 1500 rpm

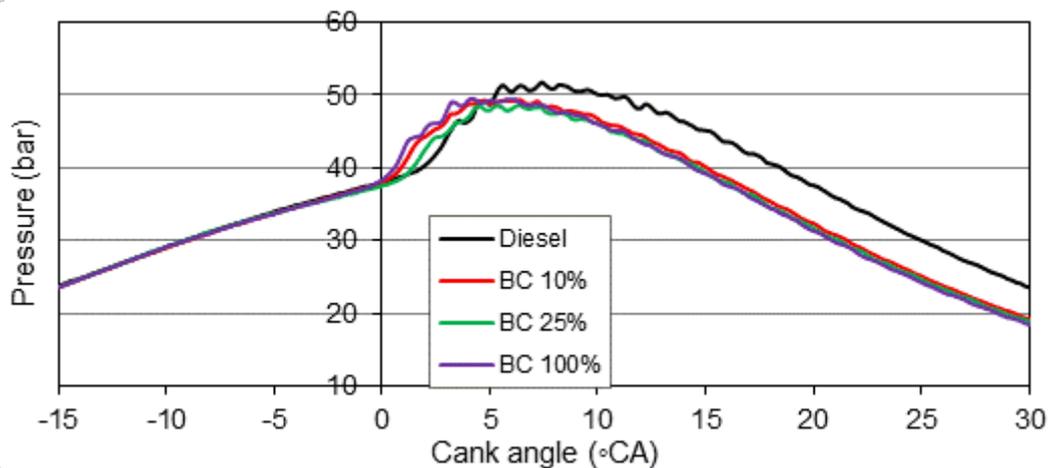


รูปที่ 4.15(ก) อัตราการปล่อยความร้อน

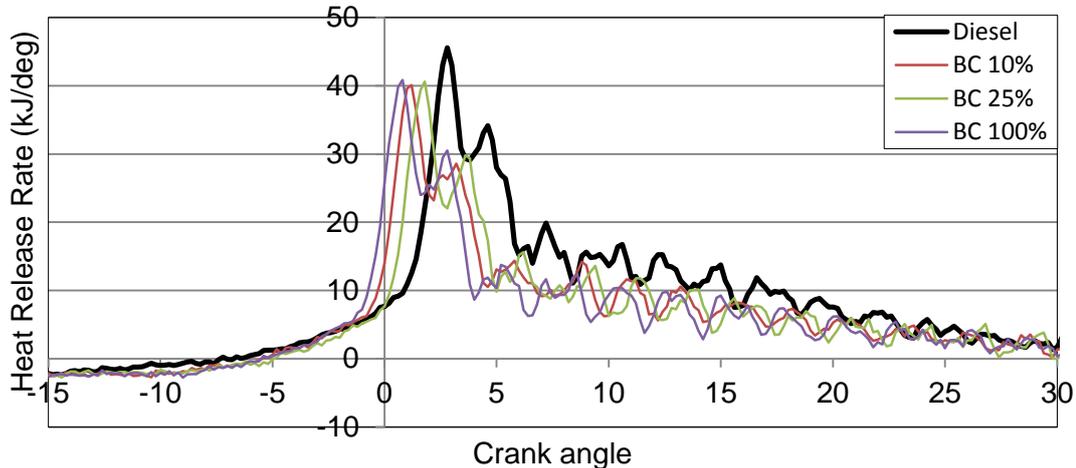


รูปที่ 4.15(ข) อัตราการปล่อยความร้อน

#### 4.1.16 กราฟเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวที่ 2000 rpm

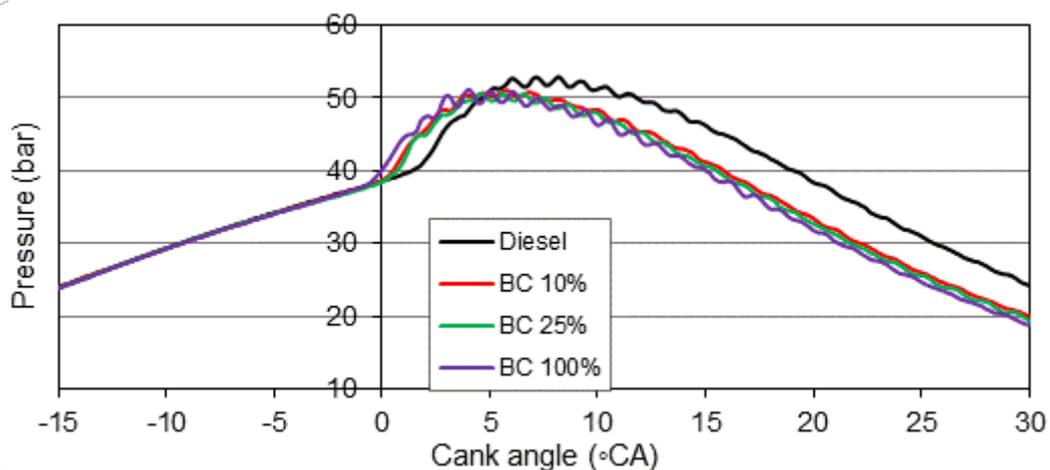


รูปที่ 4.16(ก) ความดันในห้องเผาไหม้

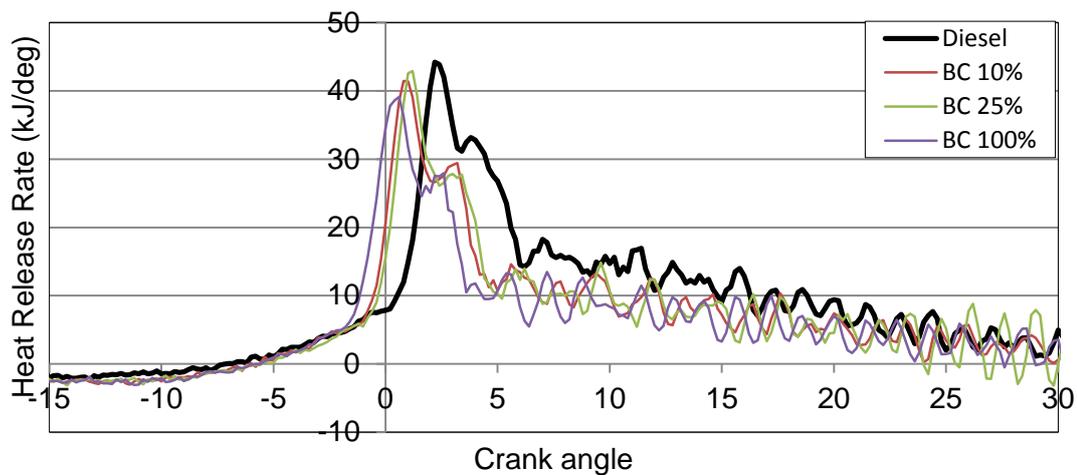


รูปที่ 4.16(ข) อัตราการปล่อยความร้อน

#### 4.1.17 กราฟเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวที่ 2250 rpm

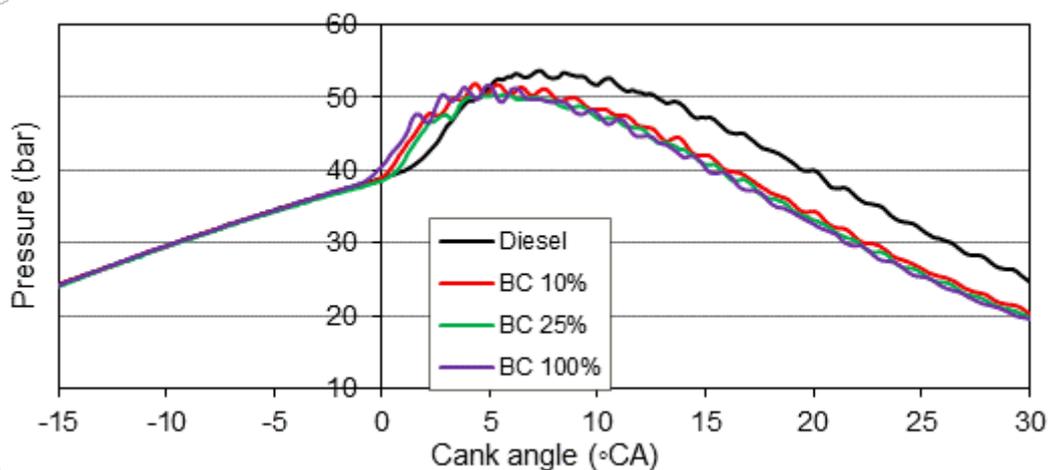


รูปที่ 4.17(ก) ความดันในห้องเผาไหม้

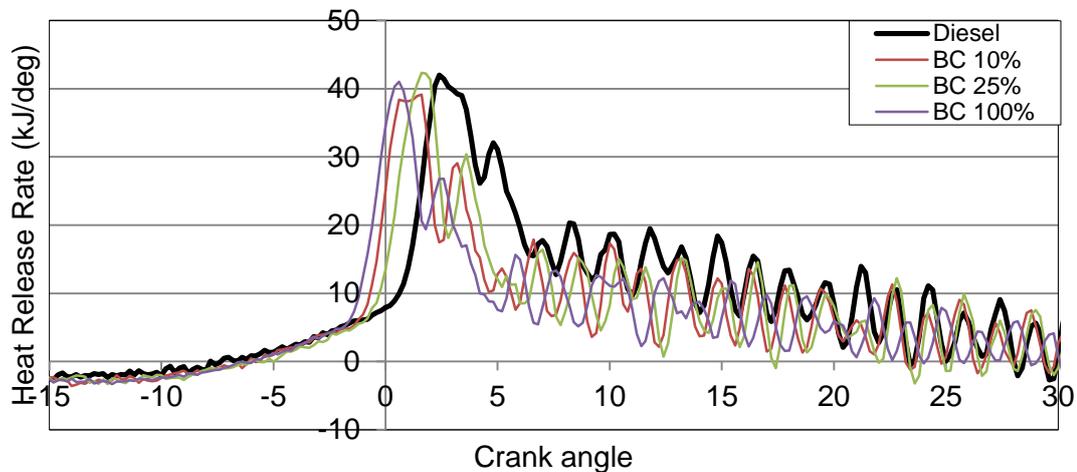


รูปที่ 4.17(ข) อัตราการปล่อยความร้อน

#### 4.1.18 กราฟเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวที่ 2500 rpm



รูปที่ 4.18(ก) ความดันในห้องเผาไหม้



รูปที่ 4.18(ข) อัตราการปล่อยความร้อน

ตารางที่ 4.3 ค่าความดันสูงสุดในห้องเผาไหม้และองศาเพลลาข้อเหวี่ยงที่จุดความดันสูงสุดของ BC

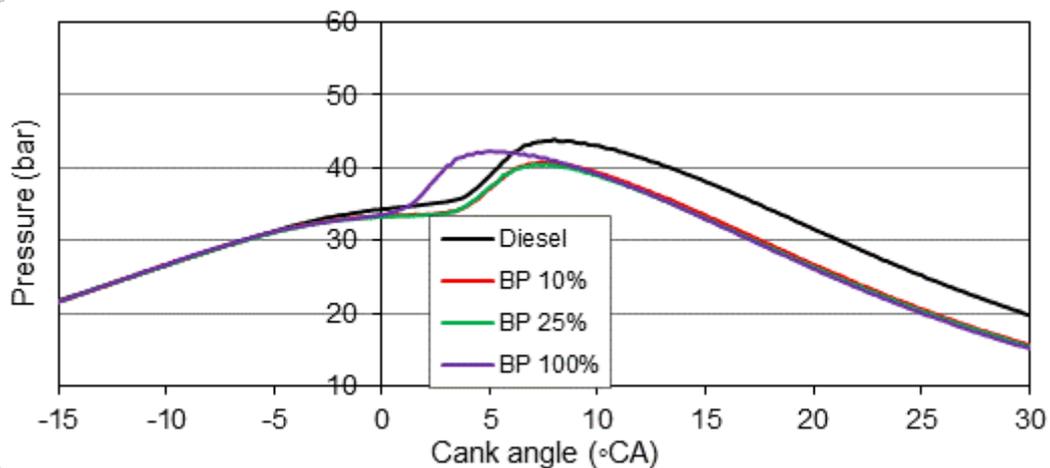
รอบ (rpm)	ดีเซล		BC 10%		BC 25%		BC 100%	
	P <sub>max</sub> (bar)	CA						
1000	43.91	8.00	44.04	7.20	43.74	7.80	44.75	6.20
1250	43.36	7.20	44.59	6.60	45.25	6.00	45.89	5.40
1500	47.86	7.00	48.31	6.20	47.90	6.40	48.36	5.20
2000	51.74	7.40	51.45	6.40	50.82	6.40	51.95	4.20
2250	52.92	8.20	53.12	5.80	52.99	5.60	53.66	4.00
2500	53.65	7.40	53.83	4.40	52.75	5.60	53.95	5.00

เปรียบเทียบความดันภายในกระบอกสูบ อัตราการปล่อยความร้อน และอัตราการปล่อยความร้อนสุทธิ เมื่อใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวกับดีเซล

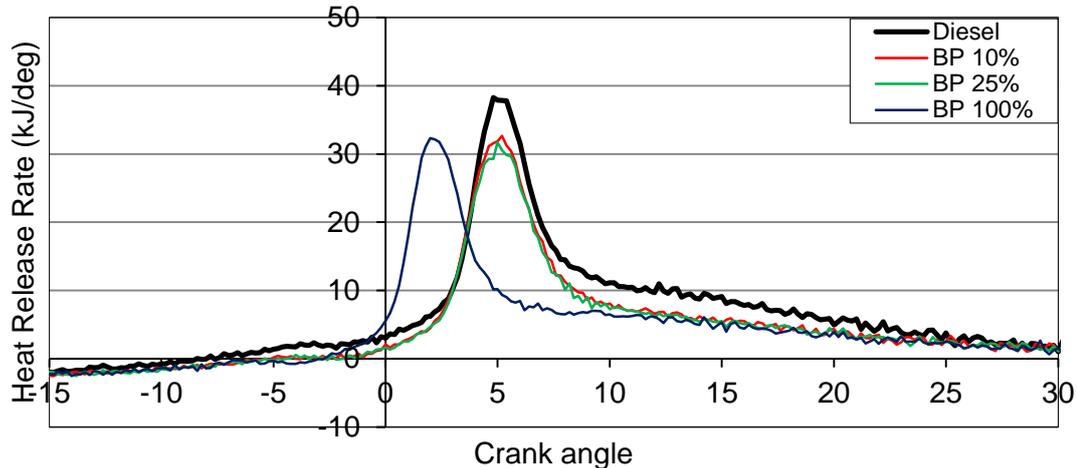
จากรูปที่ 4.13(ก) ถึง 4.18(ก) และตารางที่ 4.3 ซึ่งแสดงความดันในห้องเผาไหม้ จะพบว่าไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวมีความดันสูงสุดใกล้เคียงกับดีเซล หรือมากกว่าเล็กน้อย แต่ตำแหน่งที่ความดันสูงสุดของ BC 100%, 25% และ 10% จะอยู่ก่อนดีเซล ตามลำดับ และกราฟของน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวทุกส่วนผสมจะอยู่ก่อนหน้ากราฟดีเซล

จากรูปที่ 4.13(ข) ถึง 4.18(ข) ซึ่งแสดงอัตราการปล่อยความร้อน จะพบว่าอัตราการปล่อยความร้อนของ BC 10%, 25% และ 100% กราฟจะอยู่ก่อนหน้ากราฟของดีเซล ตามมาด้วยกราฟของ BC 100%, 10%, 25% และ ดีเซล เรียงตามลำดับ แต่ค่าอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดของ BC 10%, 25% และ 100% จะน้อยกว่าดีเซล และตำแหน่งที่เป็นอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ของไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวทุกส่วนผสมจะอยู่ก่อนดีเซล

#### 4.1.19 กราฟเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มที่ 1000 rpm

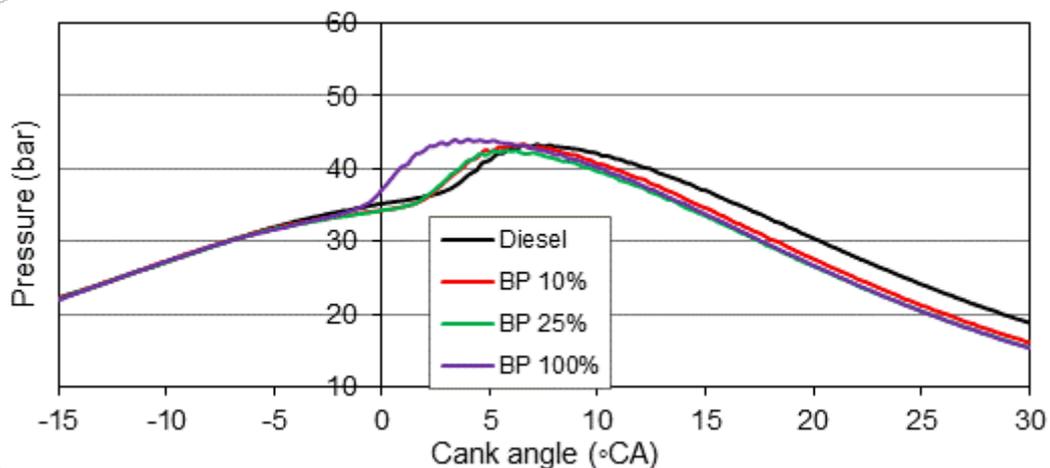


รูปที่ 4.19(ก) ความดันในห้องเผาไหม้

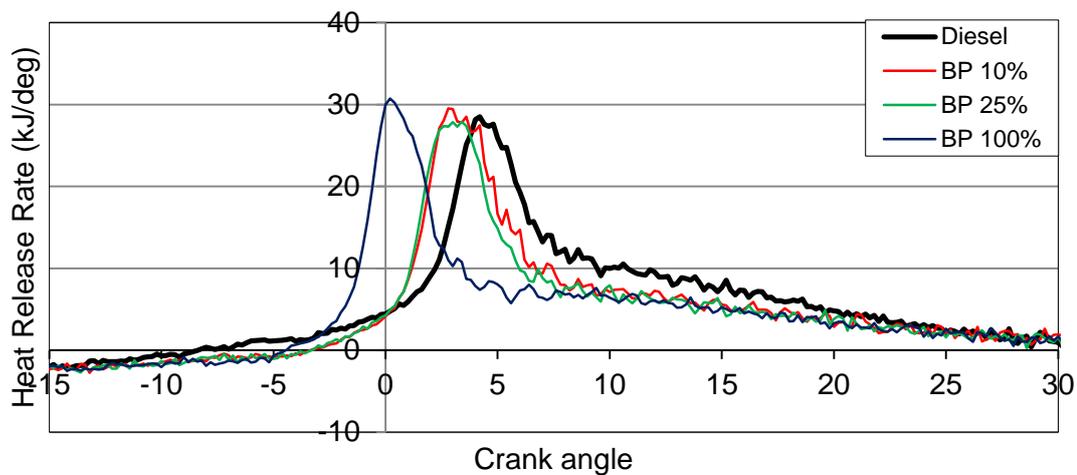


รูปที่ 4.19(ข) ความดันในห้องเผาไหม้

#### 4.1.20 กราฟเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มที่ 1250 rpm

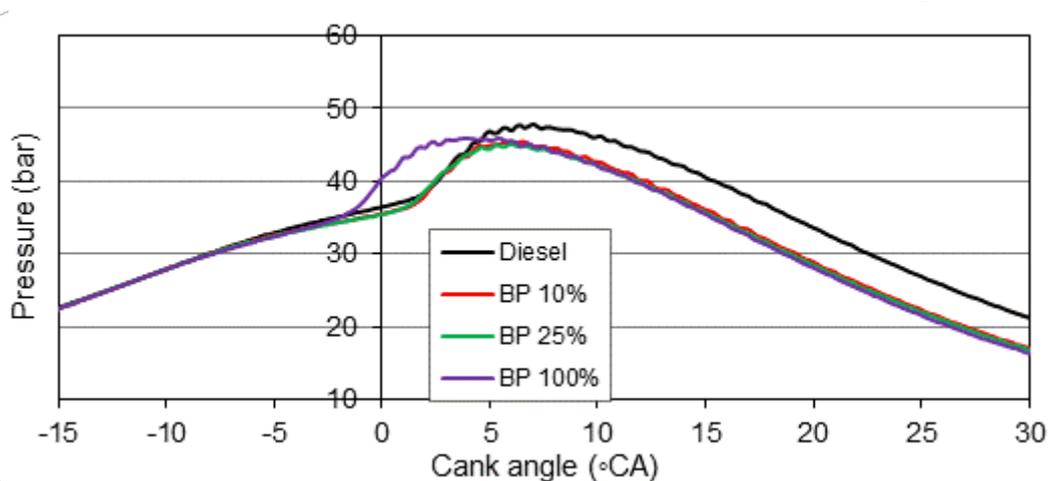


รูปที่ 4.20(ก) ความดันในห้องเผาไหม้

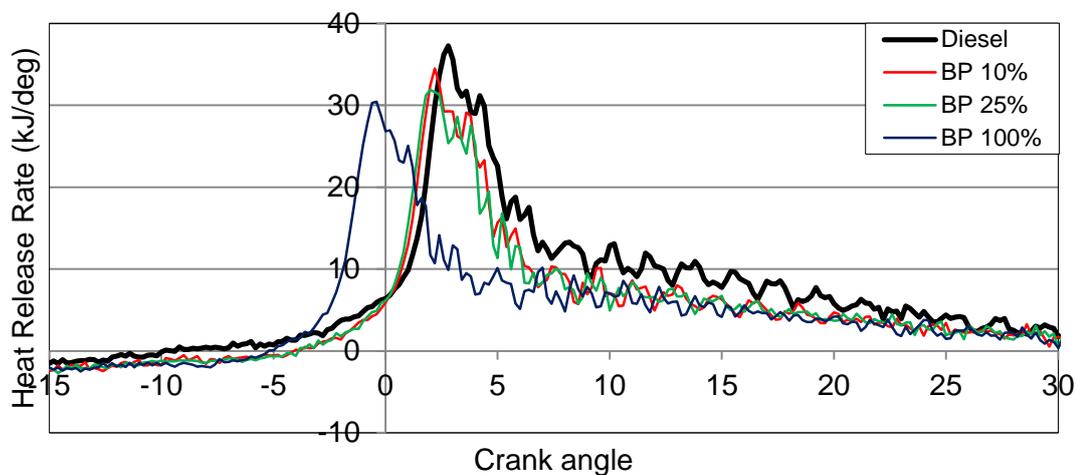


รูปที่ 4.20(ข) อัตราการปล่อยความร้อน

4.1.21 กราฟเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มที่ 1500 rpm

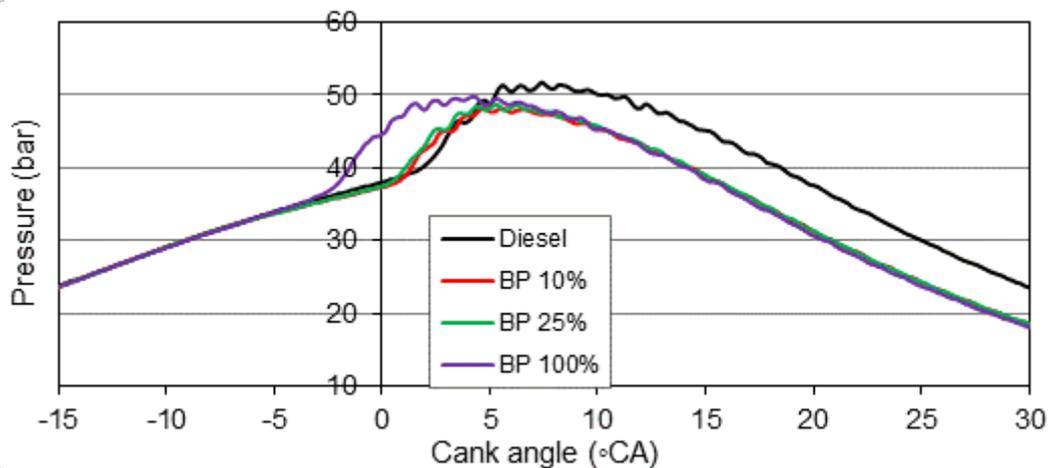


รูปที่ 4.21(ก) ความดันในห้องเผาไหม้

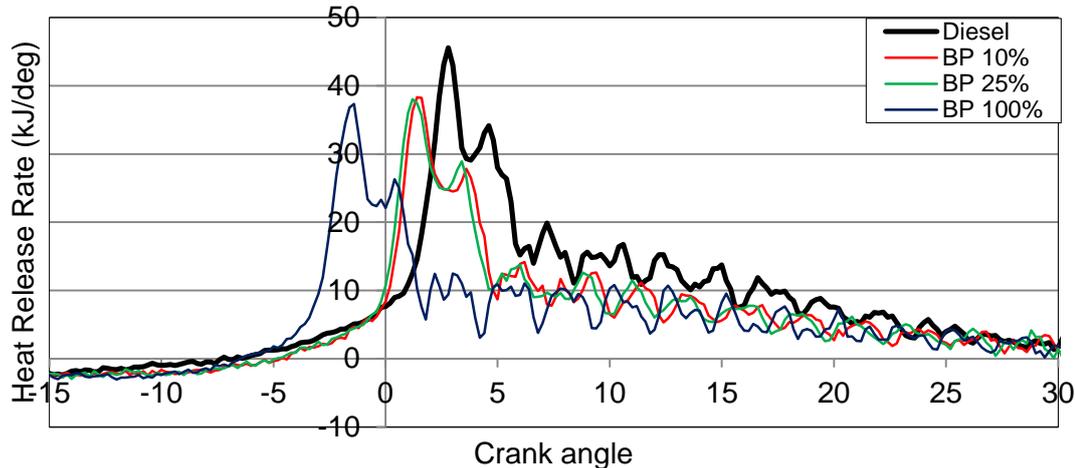


รูปที่ 4.21(ข) อัตราการปล่อยความร้อน

#### 4.1.22 กราฟเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มที่ 2000 rpm

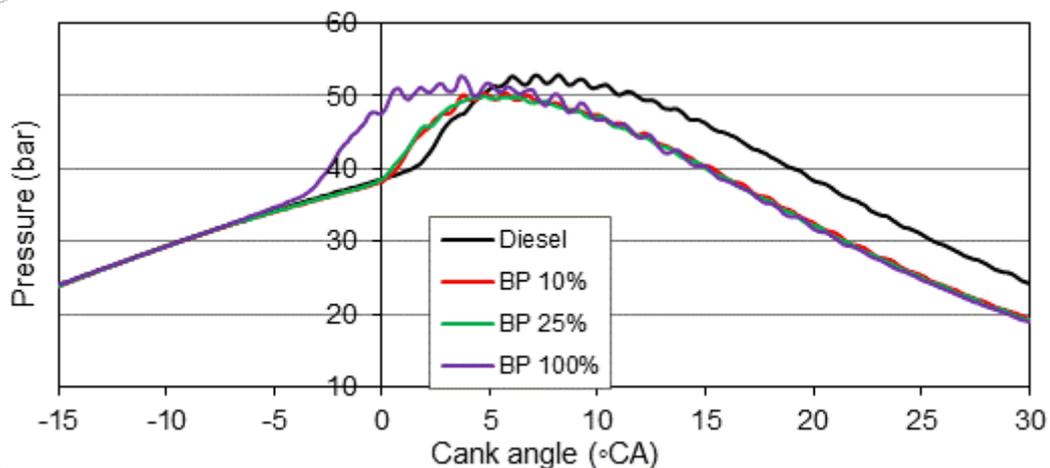


รูปที่ 4.22(ก) ความดันในห้องเผาไหม้

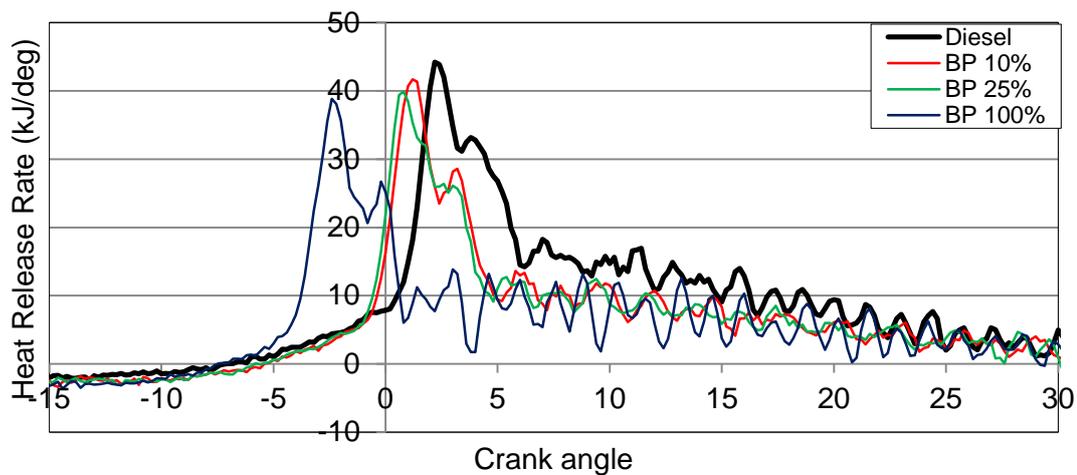


รูปที่ 4.22(ข) อัตราการปล่อยความร้อน

#### 4.1.23 กราฟเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มที่ 2250 rpm

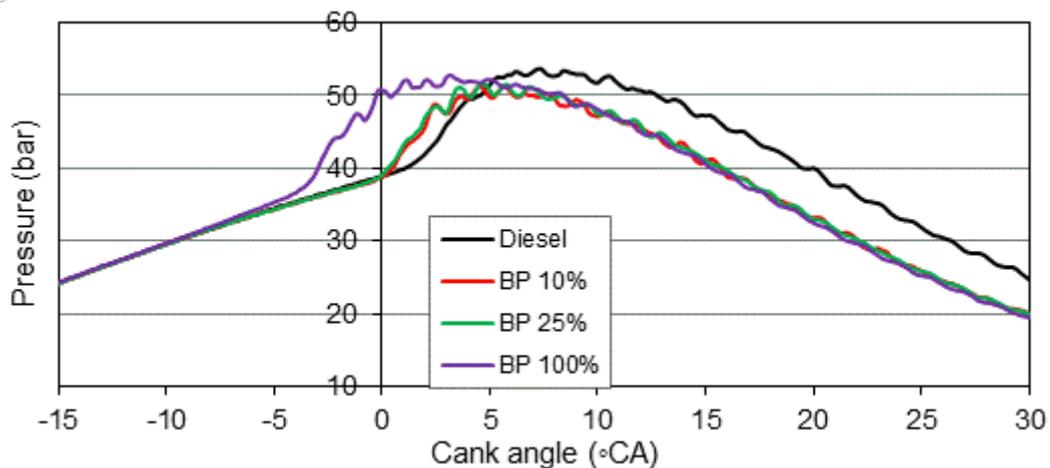


รูปที่ 4.23(ก) ความดันในห้องเผาไหม้

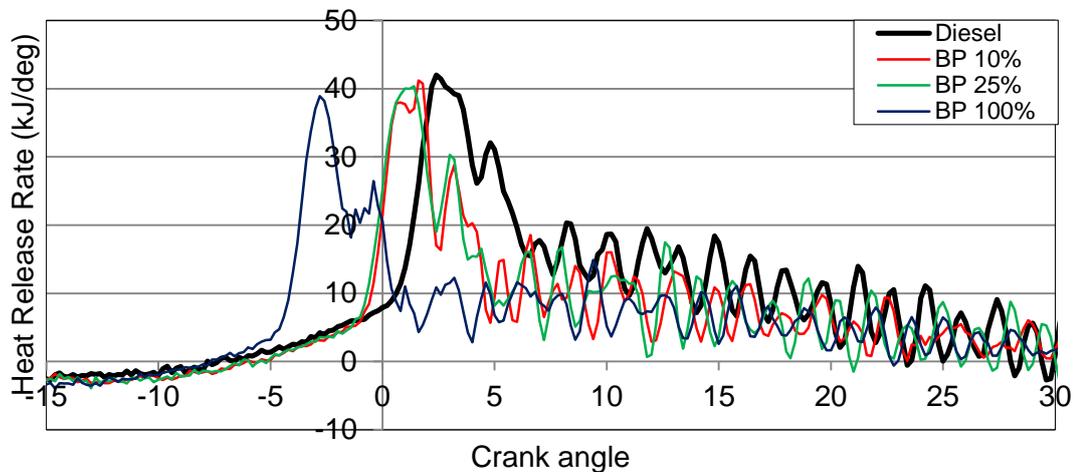


รูปที่ 4.23(ข) อัตราการปล่อยความร้อน

#### 4.1.24 กราฟเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มที่ 2500 rpm



รูปที่ 4.24(ก) ความดันในห้องเผาไหม้



รูปที่ 4.24(ข) อัตราการปล่อยความร้อน

ตารางที่ 4.4 ค่าความดันสูงสุดในห้องเผาไหม้และองศาเพลลาข้อเหวี่ยงที่จุดความดันสูงสุดของ BP

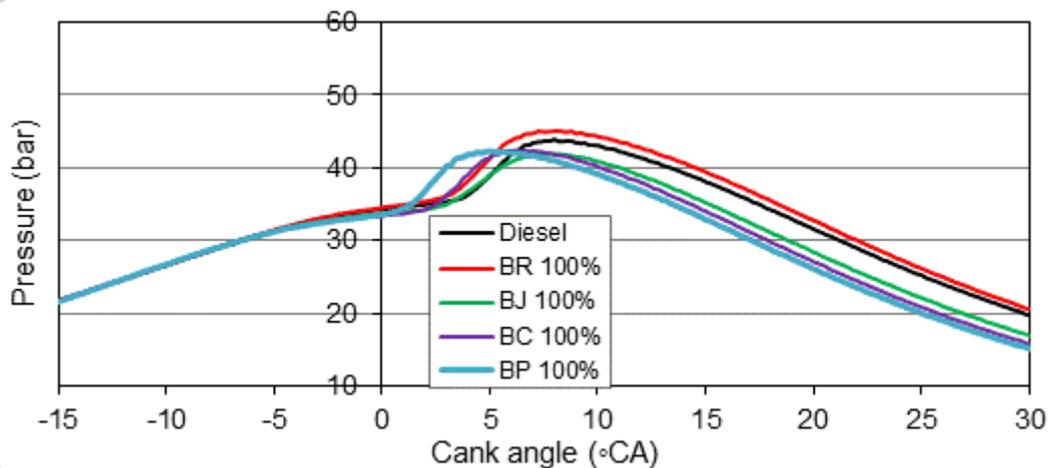
รอบ rpm	ดีเซล		BP 10%		BP 25%		BP 100%	
	P <sub>max</sub> (bar)	CA						
1000	43.91	8.00	42.95	7.40	42.68	7.60	44.65	5.00
1250	43.36	7.20	45.52	6.60	44.86	5.80	46.63	4.00
1500	47.86	7.00	47.68	5.80	47.46	6.00	48.41	5.40
2000	51.74	7.40	50.53	5.60	51.03	6.20	52.27	4.20
2250	52.92	8.20	52.79	5.80	52.42	4.80	54.96	3.60
2500	53.65	7.40	53.58	4.60	54.01	4.60	55.01	3.20

เปรียบเทียบความดันภายในกระบอกสูบ อัตราการปล่อยความร้อน และอัตราการปล่อยความร้อนสุทธิ เมื่อใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มกับดีเซล

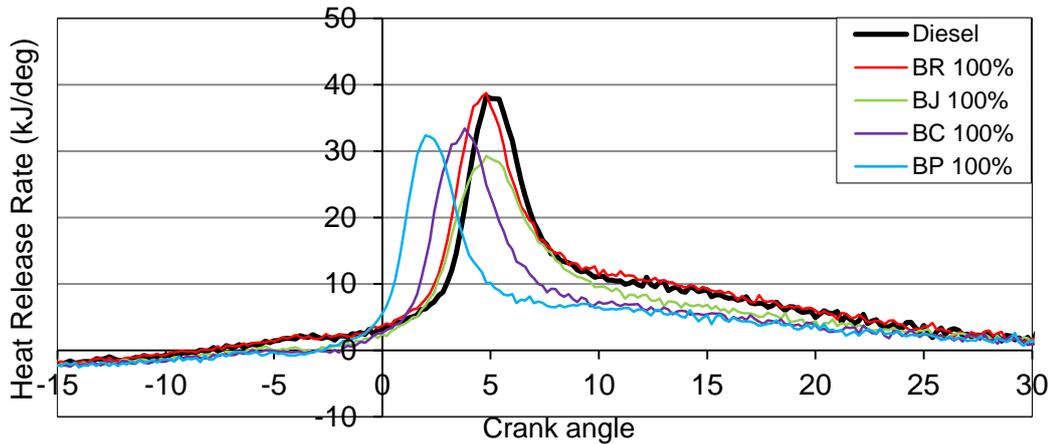
จากรูปที่ 4.19(ก) ถึง 4.24(ก) และตารางที่ 4.4 ซึ่งแสดงความดันในห้องเผาไหม้ จะพบว่าไบโอดีเซลมีความดันสูงสุดใกล้เคียงกับดีเซล หรือมากกว่าเล็กน้อย และ กราฟของไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มทุกส่วนผสมจะอยู่น้ำดีเซล ตำแหน่งที่ความดันสูงสุดเรียงลำดับจากก่อนมาหลังคือ BP 100%, 25%, 10% และ ดีเซล ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.19(ข) ถึง 4.24(ข) ซึ่งแสดงอัตราการปล่อยความร้อน จะพบว่าอัตราการปล่อยความร้อนของดีเซลจะมากกว่า รองลงมาคือ BP 10%, 25% และ 100% กราฟ BP 10% และ 25% จะใกล้เคียงกันและนำหน้าดีเซลอยู่ ส่วน BP 100% จะอยู่ห่างกันอย่างมาก เนื่องจากเชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้เร็วกว่า

#### 4.1.25 กราฟเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซล 100% ที่ความเร็วรอบ 1000 rpm

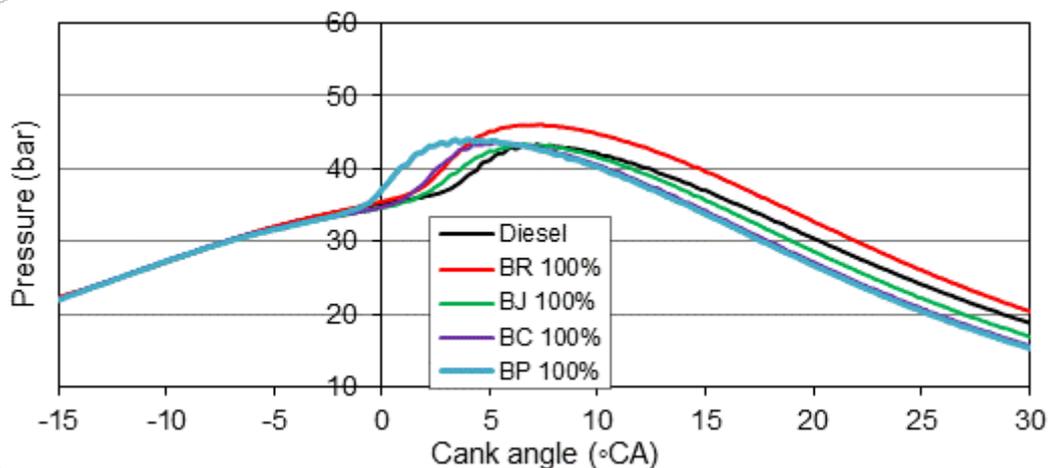


รูปที่ 4.25(ก) ความดันในห้องเผาไหม้

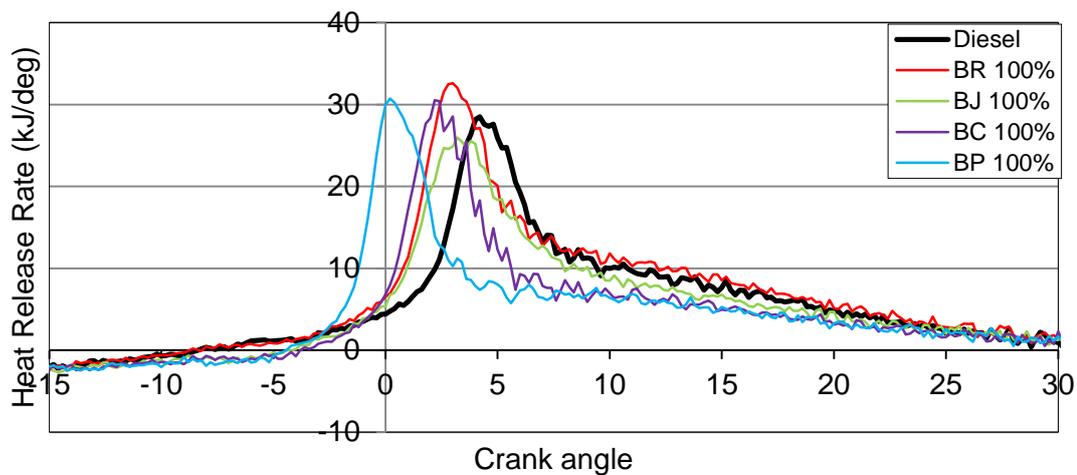


รูปที่ 4.25(ข) อัตราการปล่อยความร้อน

#### 4.1.26 กราฟเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซล 100% ที่ความเร็วรอบ 1250 rpm

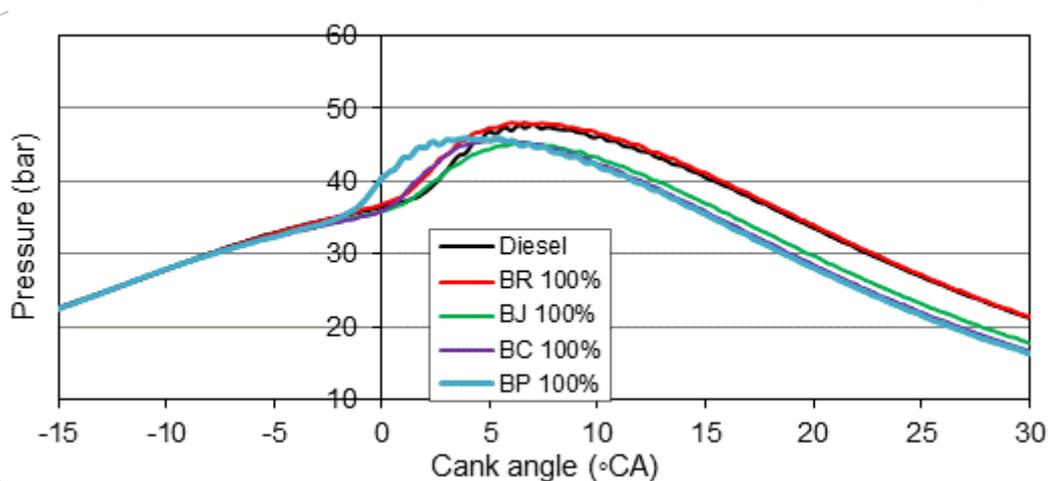


รูปที่ 4.26(ก) ความดันในห้องเผาไหม้

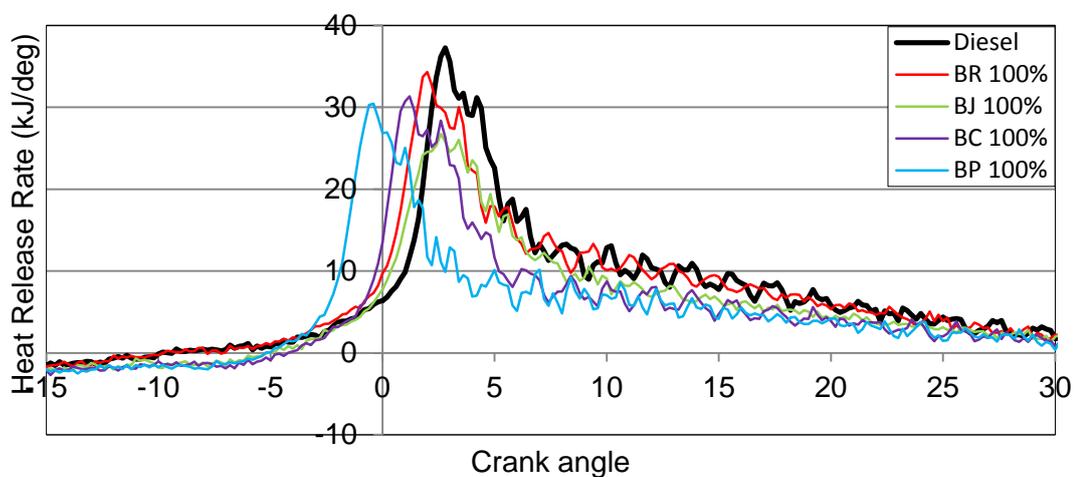


รูปที่ 4.27(ข) อัตราการปล่อยความร้อน

4.1.27 กราฟเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซล 100% ที่ความเร็วรอบ 1500 rpm

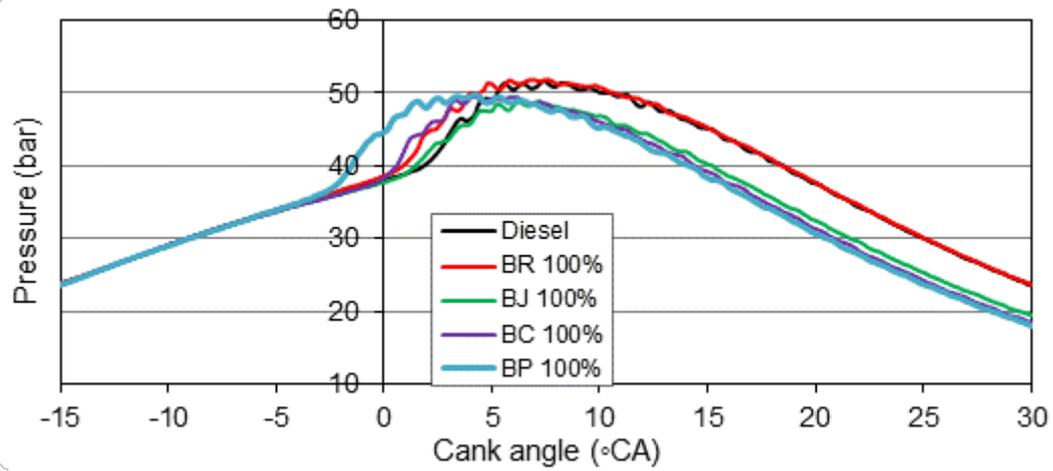


รูปที่ 4.27(ก) ความดันในห้องเผาไหม้

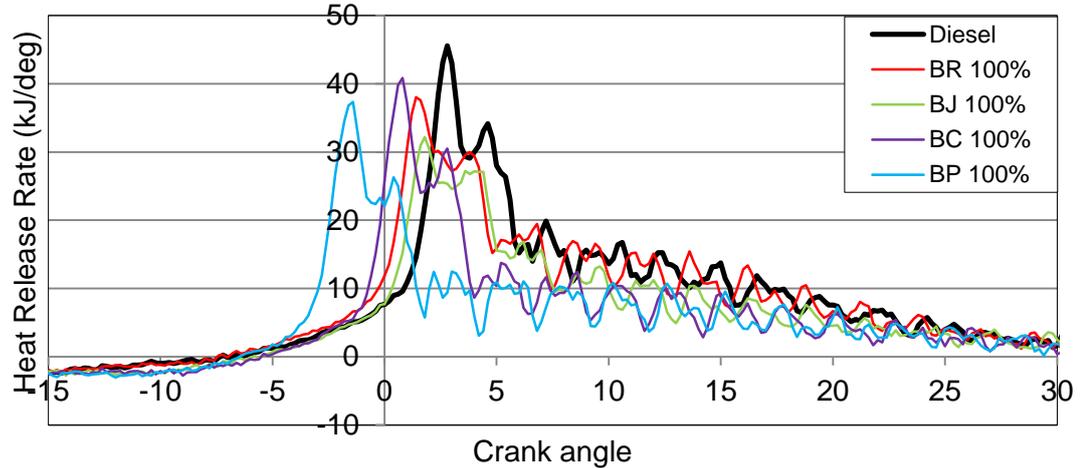


รูปที่ 4.27(ข) อัตราการปล่อยความร้อน

#### 4.1.28 กราฟเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซล 100% ที่ความเร็วรอบ 2000 rpm

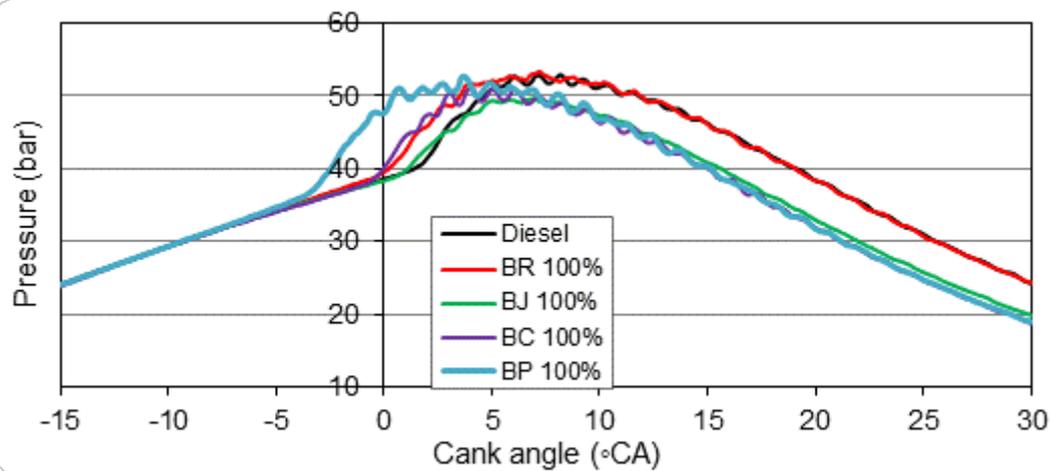


รูปที่ 4.28(ก) ความดันในห้องเผาไหม้

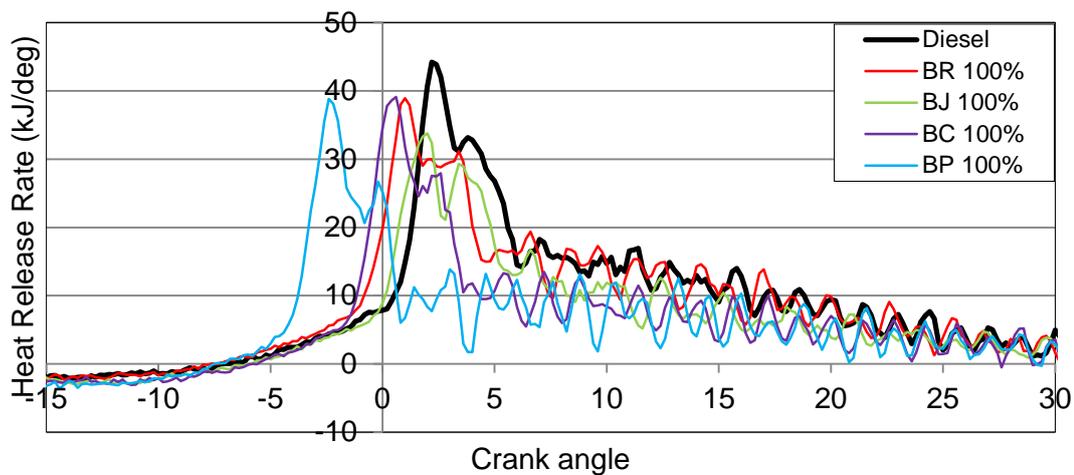


รูปที่ 4.28(ข) อัตราการปล่อยความร้อน

#### 4.1.29 กราฟเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซล 100% ที่ความเร็วรอบ 2250 rpm

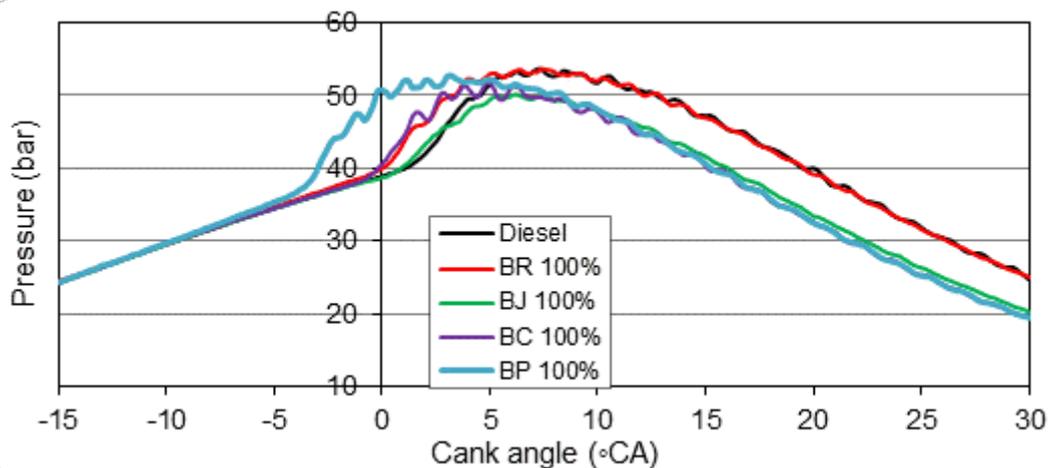


รูปที่ 4.29(ก) ความดันในห้องเผาไหม้

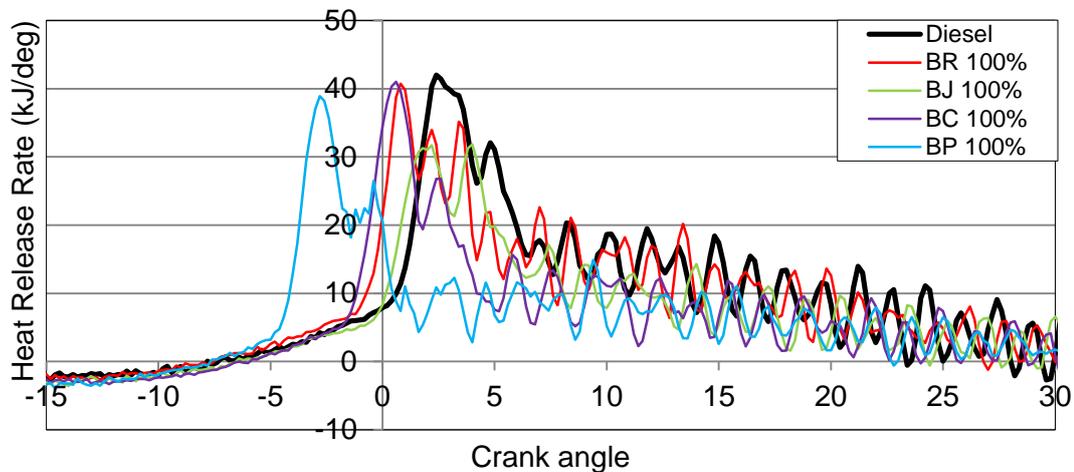


รูปที่ 4.29(ก) อัตราการปล่อยความร้อน

#### 4.1.30 กราฟเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซล 100% ที่ความเร็วรอบ 2500 rpm



รูปที่ 4.30(ก) ความดันในห้องเผาไหม้



รูปที่ 4.30(ข) อัตราการปล่อยความร้อน

ตารางที่ 4.5 ค่าความดันสูงสุดในห้องเผาไหม้และองศาเพลลาข้อเหวี่ยงที่จุดความดันสูงสุดของ B100

รอบ	Diesel		BR 100%		BJ 100%		BC 100%		BP 100%	
	P <sub>max</sub> (bar)	CA								
1000	43.91	8.00	45.00	8.00	43.69	7.60	44.75	6.20	44.65	5.00
1250	43.36	7.20	45.99	7.40	45.26	6.60	45.89	5.40	46.63	4.00
1500	47.86	7.00	47.98	6.60	47.21	6.20	48.36	5.20	48.41	5.40
2000	51.74	7.40	51.67	7.60	50.83	7.20	51.95	4.20	52.27	4.20
2250	52.92	8.20	53.17	7.20	51.53	7.00	53.66	4.00	54.96	3.60
2500	53.65	7.40	53.33	7.40	52.04	6.20	53.95	5.00	55.01	3.20

เปรียบเทียบความดันภายในกระบอกสูบ อัตราการปล่อยความร้อน และอัตราการปล่อยความร้อนสุทธิ เมื่อใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันไบโอดีเซลทุกชนิด 100% กับดีเซล

จากรูปที่ 4.25(ก) ถึง 4.30(ก) และตารางที่ 4.5 ซึ่งแสดงความดันในห้องเผาไหม้ จะพบว่าที่ความเร็วรอบต่ำความดันสูงสุดของไบโอดีเซลทุกชนิดจะมีความดันสูงกว่าดีเซล แต่เมื่อความเร็วรอบสูงขึ้นค่าความดันจะเริ่มใกล้เคียงกัน และตำแหน่งที่ความดันสูงสุดจะเข้าใกล้จุดศูนย์กลางบน โดย BP 100% จะมีตำแหน่งที่ความดันสูงสุด advance มากที่สุด รองลงมาคือ BC 100%, BJ 100%, BR 100% และดีเซลท้ายสุด

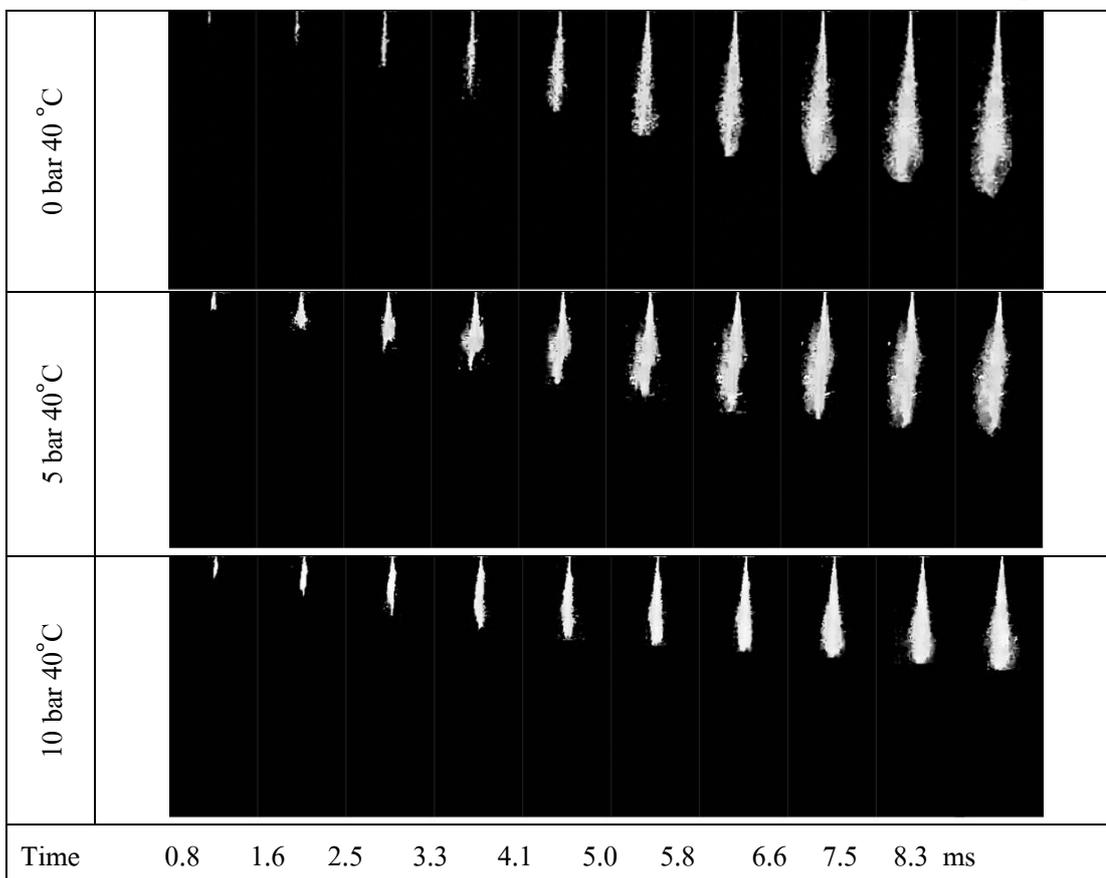
จากรูปที่ 4.25(ข) ถึง 4.30(ข) ซึ่งแสดงอัตราการปล่อยความร้อน จะพบว่าความชันของกราฟ หรืออัตราการปล่อยความร้อนของดีเซลจะมากที่สุด รองลงมาคือ BR 100%, BJ 100%, BC 100% และ BP 100% ตามลำดับ

#### 4.2 ผลการทดลองสำหรับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสเปรย์ของเชื้อเพลิง

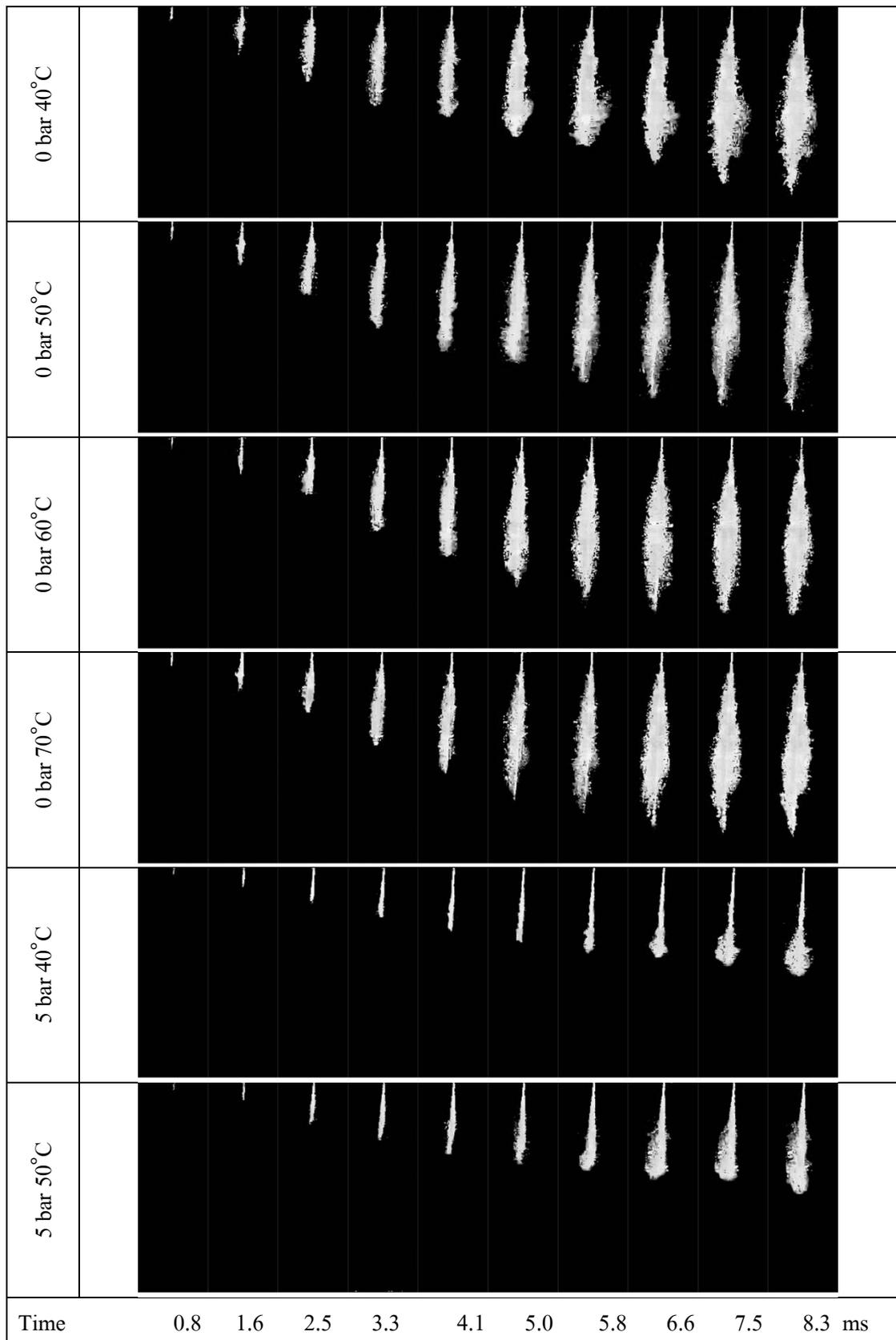
จากการทดลองฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าไปในห้องเผาไหม้จำลอง เป็นการทดลองฉีดน้ำมันดีเซล น้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดยางพารา เมล็ดสบู่ดำ น้ำมันปาล์ม และน้ำมันมะพร้าว เพื่อศึกษาคุณลักษณะในการฉีดน้ำมันไบโอดีเซลโดยการเพิ่มอุณหภูมิน้ำมันไบโอดีเซล ที่อุณหภูมิปรกติ เป็น  $40^{\circ}\text{C}$ ,  $50^{\circ}\text{C}$ ,  $60^{\circ}\text{C}$  และ  $70^{\circ}\text{C}$  ตามลำดับ และฉีดออกหัวฉีดที่ความดันห้องเผาไหม้ที่ 0 bar, 5 bar และ 10 bar โดยใช้กล้องวิดีโอที่มีความเร็วในการจับภาพ 1200 f/s จับภาพการสเปรย์ของน้ำมัน

##### 4.2.1 ภาพถ่ายการสเปรย์น้ำมันเชื้อเพลิง

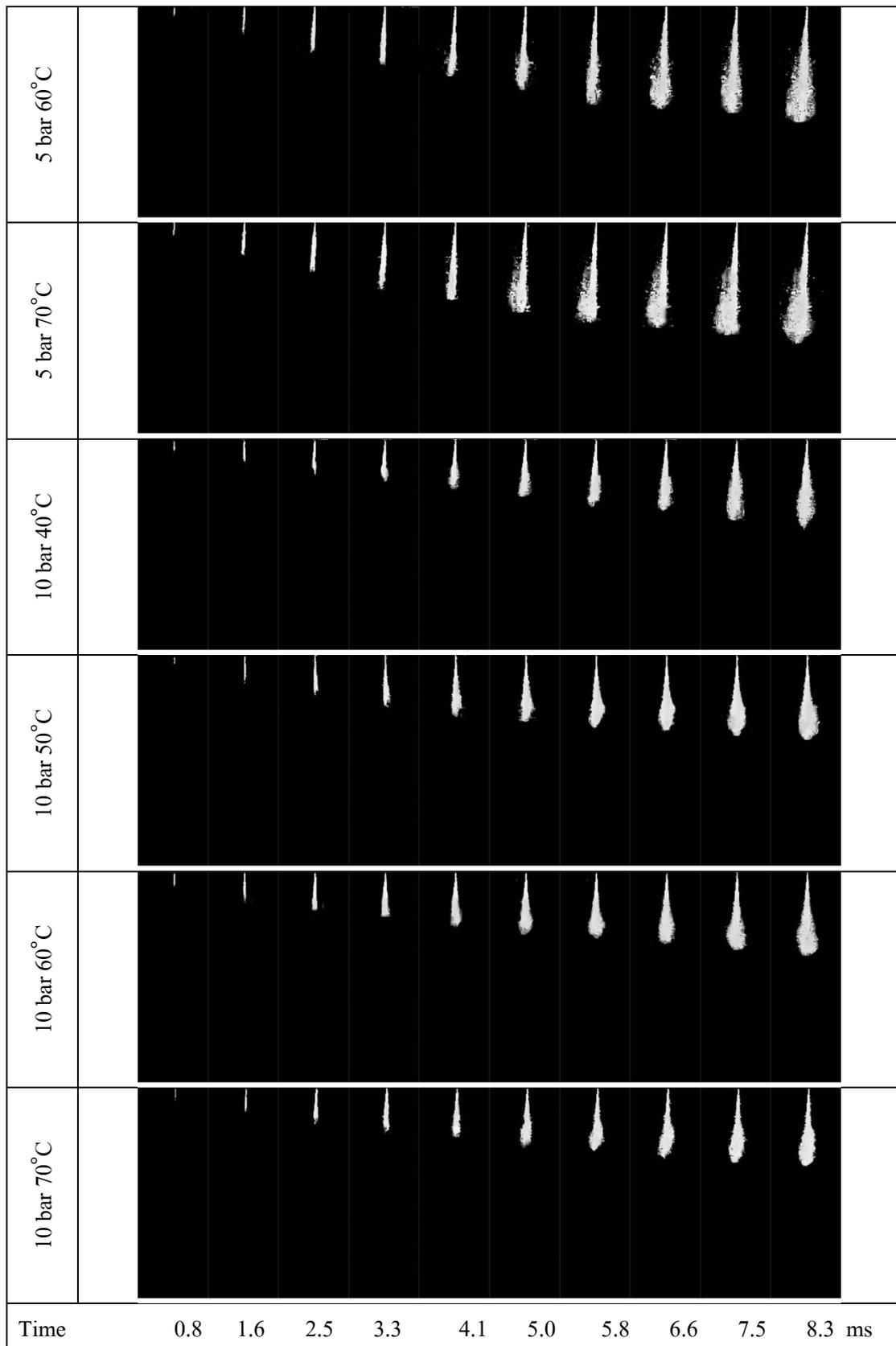
ในการทดลองรูปที่ถ่ายเป็นภาพวิดีโอ จึงทำการ Capture เป็นภาพนิ่งในแต่ละเฟรม ด้วยโปรแกรม Adobe Premium ก่อนนำมาทำให้ภาพชัดเจนขึ้นด้วย โปรแกรม Adobe Photoshop



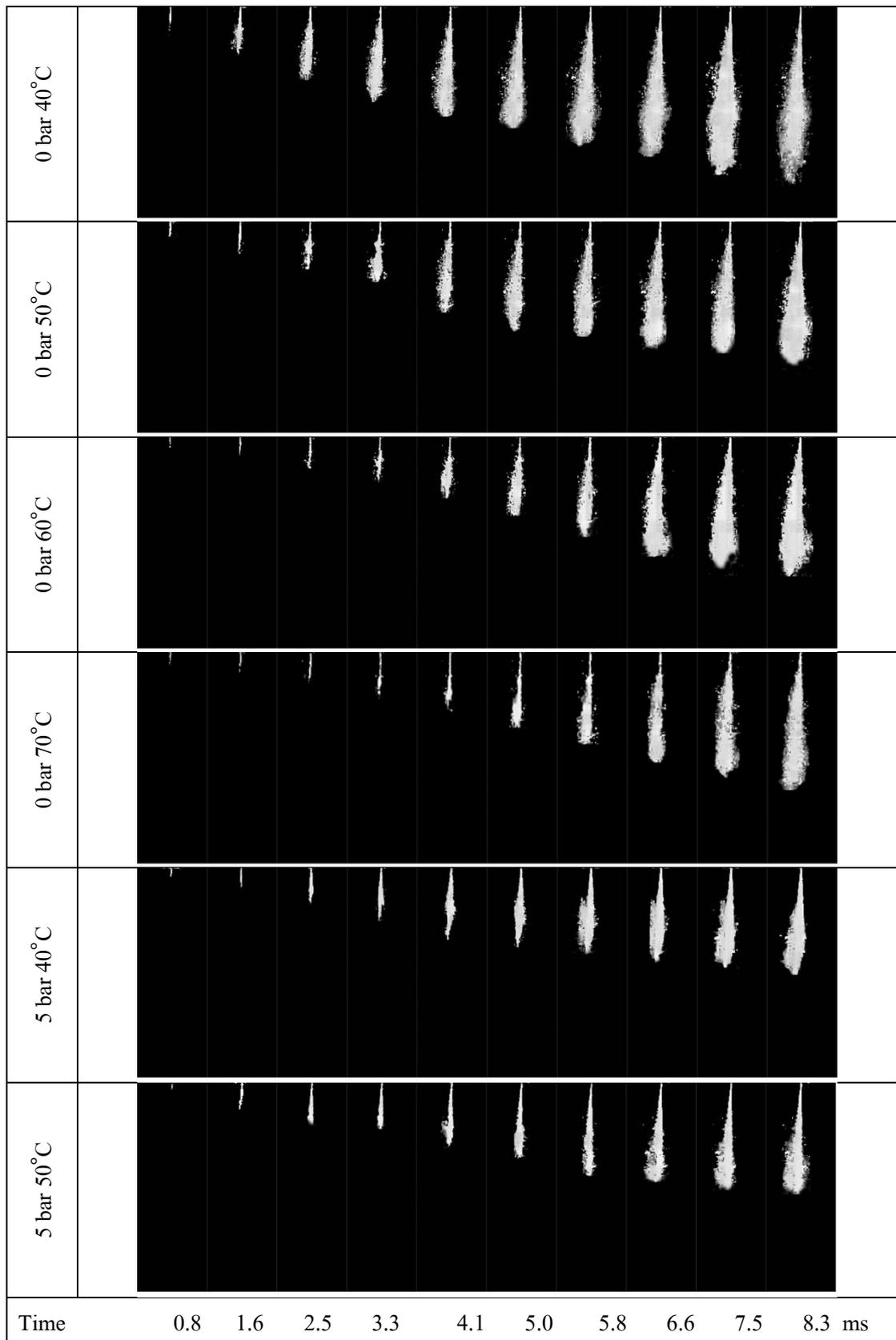
รูปที่ 4.31 ภาพถ่ายการสเปรย์ของน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล



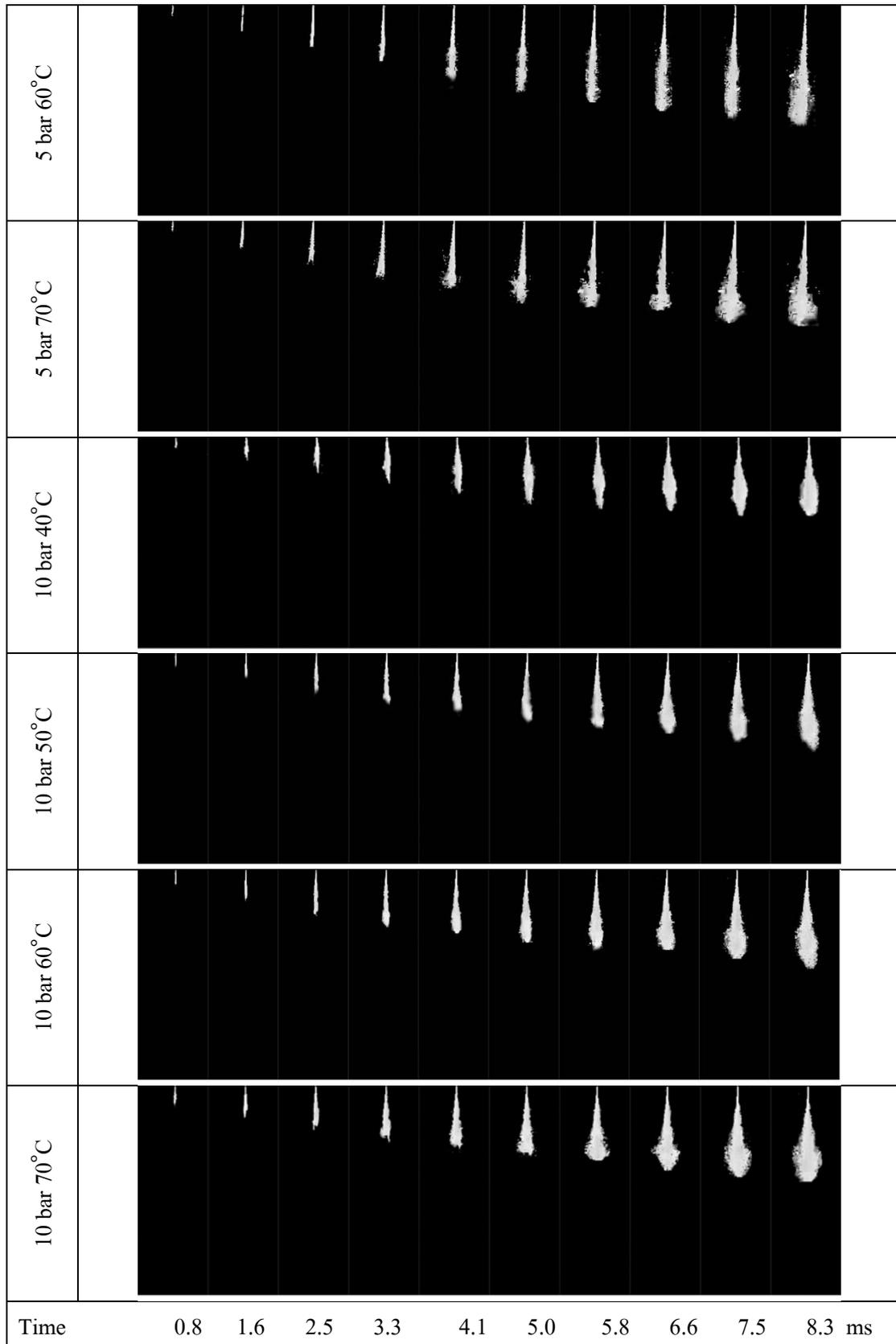
รูปที่ 4.32 ภาพถ่ายการสเปรย์ของน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าว



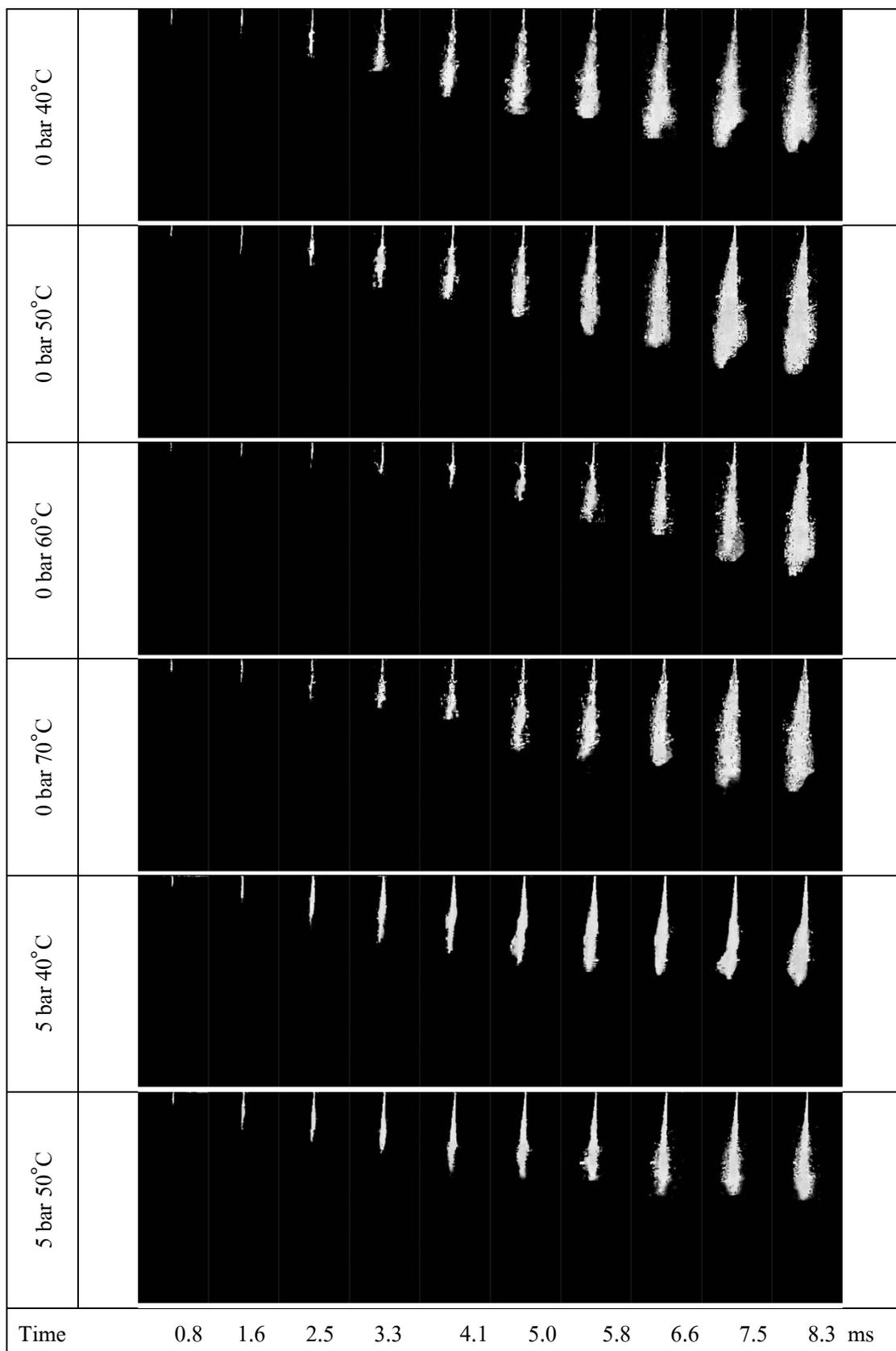
รูปที่ 4.33 ภาพถ่ายการสเปร์ย์ของน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าว



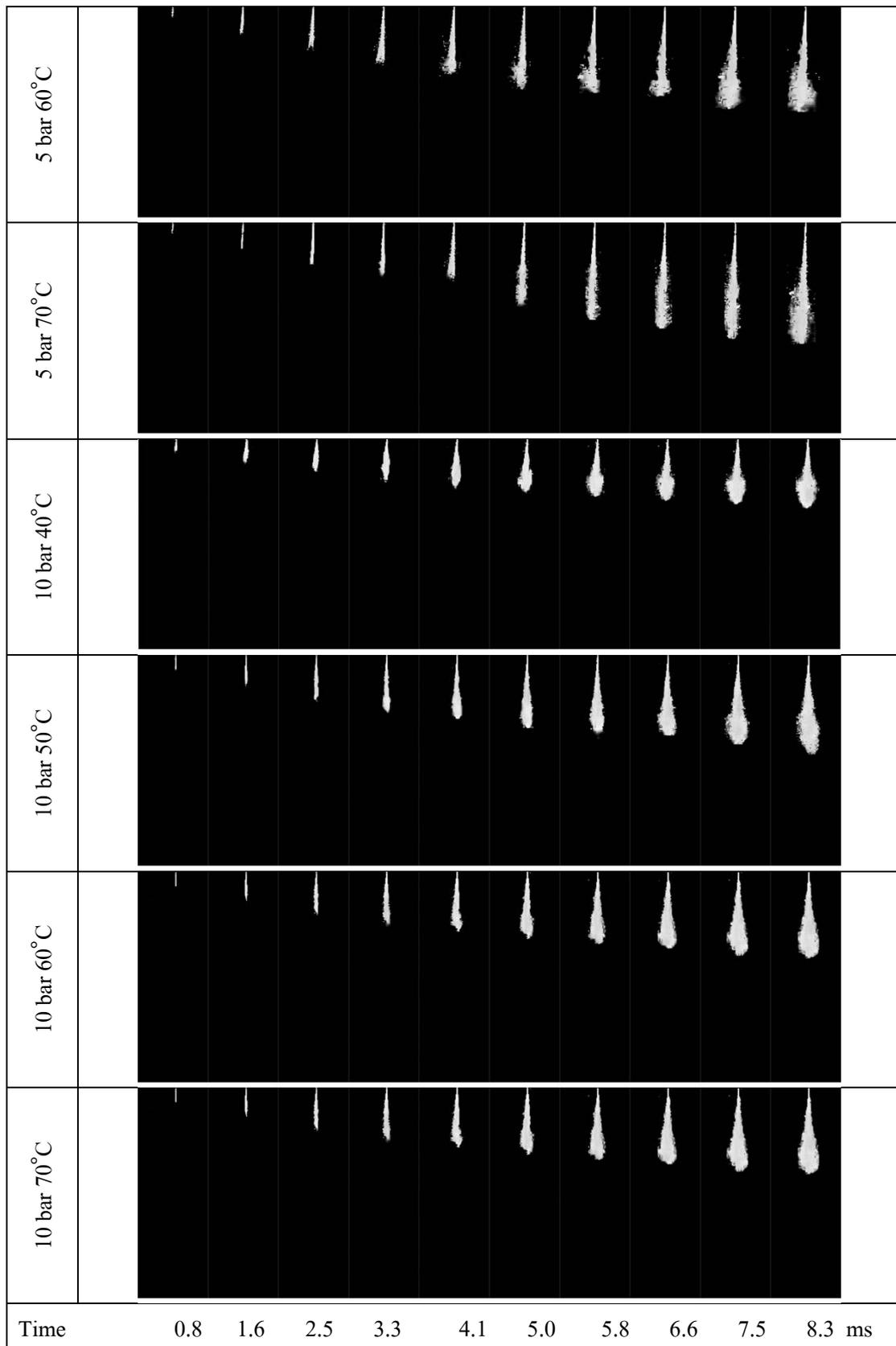
รูปที่ 4.34 ภาพถ่ายการสเปรย์ของน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม



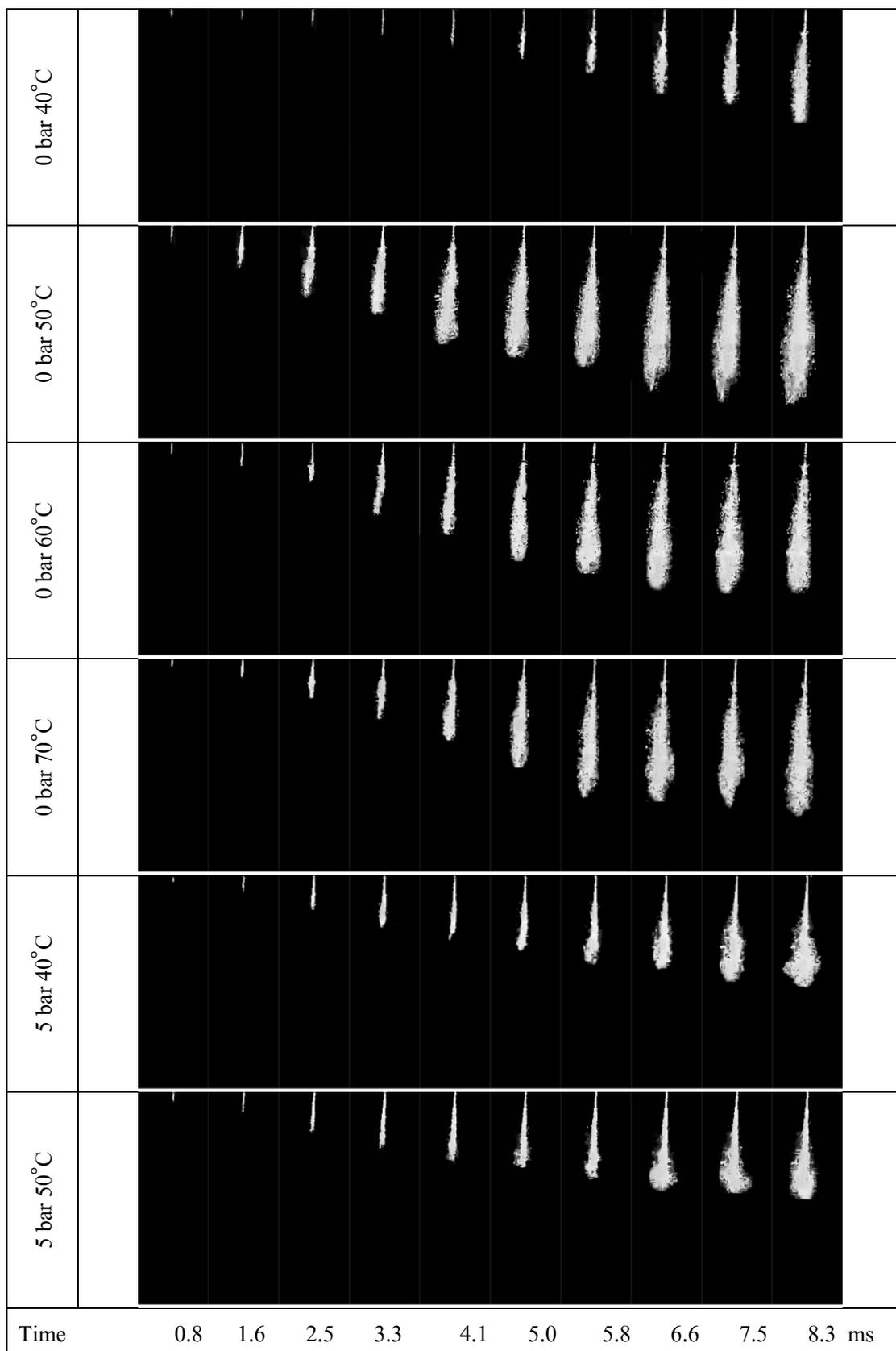
รูปที่ 4.35 ภาพถ่ายการสเปรย์ของน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม



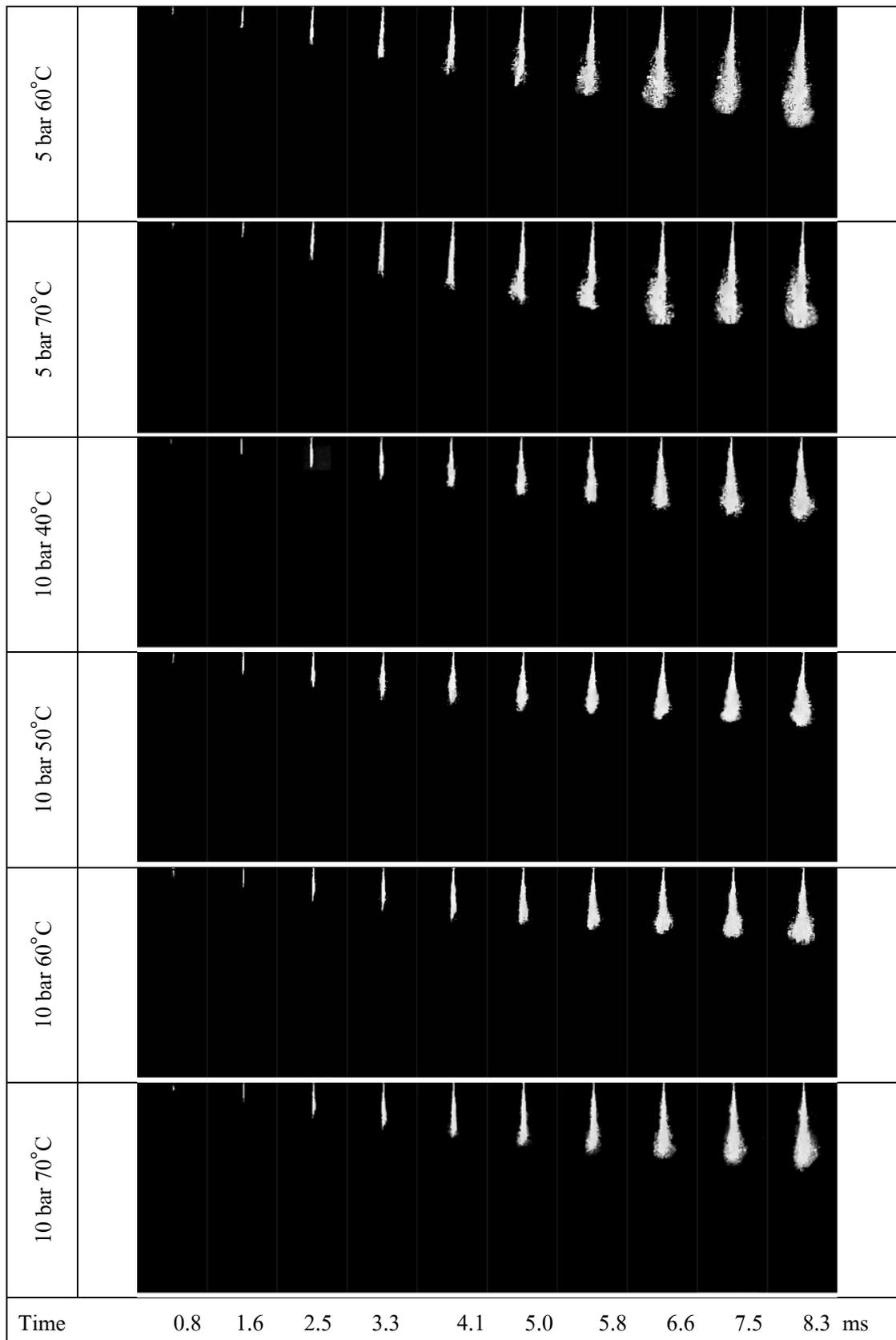
รูปที่ 4.36 ภาพถ่ายการสเปรย์ของน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากเมล็ดขางพารา



รูปที่ 4.37 ภาพถ่ายการสเปรย์ของน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากเมล็ดยางพารา



รูปที่ 4.38 ภาพถ่ายภาพสเปรย์ของน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากเมล็ดสบู่ดำ



รูปที่ 4.39 ภาพถ่ายการสเปรย์ของน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากเมล็ดสบู่ดำ

#### 4.2.2 การเปรียบเทียบน้ำมันไบโอดีเซลชนิดต่างๆกับน้ำมันดีเซล

จากภาพถ่ายจะทำให้สามารถมองเห็นลำสเปร์ย์ของการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ และสามารถนำข้อมูลจากภาพถ่ายไปวิเคราะห์หาคุณลักษณะในการฉีดน้ำมันไบโอดีเซลเทียบกับน้ำมันดีเซล ในรูปแบบกราฟต่อไปนี้

##### การเปรียบเทียบจะประกอบไปด้วย

- เปรียบเทียบความเร็วของลำพุงที่เวลาต่างของน้ำมันไบโอดีเซลแต่ละชนิด เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซลอุณหภูมิห้อง ( $40^{\circ}\text{C}$ ) ที่ความดัน 0 bar 5 bar และ 10 bar ที่อุณหภูมิ  $40^{\circ}\text{C}$   $50^{\circ}\text{C}$   $60^{\circ}\text{C}$  และ  $70^{\circ}\text{C}$

- เปรียบเทียบมุมสเปร์ย์ของลำพุงที่เวลาต่างๆของน้ำมันไบโอดีเซลแต่ละชนิด เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซลอุณหภูมิห้อง ( $40^{\circ}\text{C}$ ) ที่ความดัน 0 bar 5 bar และ 10 bar ที่อุณหภูมิ  $40^{\circ}\text{C}$   $50^{\circ}\text{C}$   $60^{\circ}\text{C}$  และ  $70^{\circ}\text{C}$

- เปรียบเทียบความเร็วของลำพุงที่อุณหภูมิต่างๆ ของน้ำมันไบโอดีเซลแต่ละชนิด ที่ความดัน 0 bar 5 bar และ 10 bar

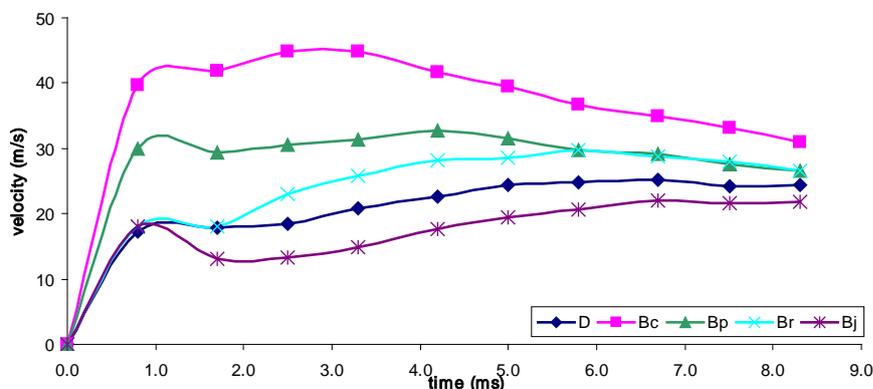
- เปรียบเทียบมุมสเปร์ย์ของลำพุงที่อุณหภูมิต่างๆของน้ำมันไบโอดีเซลแต่ละชนิด ที่ความดัน 0 bar 5 bar และ 10 bar

##### สัญลักษณ์ที่ใช้ในการสร้างกราฟ

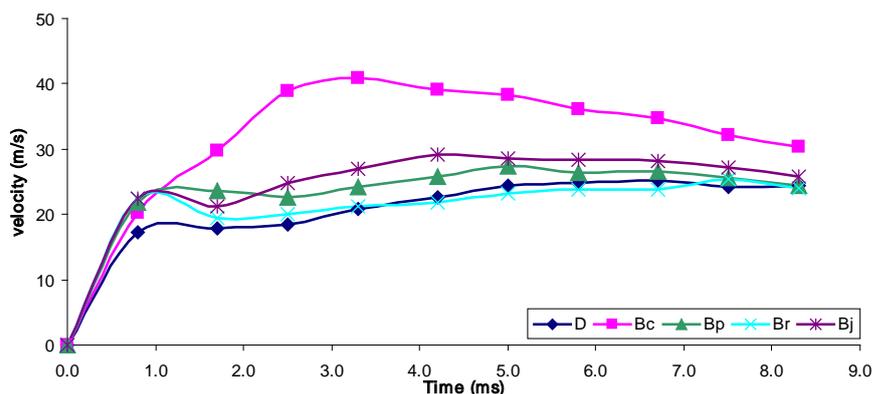
D (Diesel)	=	น้ำมันดีเซล
Bc (Biodiesel from Coconut oil)	=	น้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าว
Bp (Biodiesel form Palm oil)	=	น้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม
Br (Biodiesel from Rubble seed)	=	น้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดยางพารา
Bj (Biodiesel from Jatropha curcas Linn)	=	น้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดสบู่ดำ

### 4.2.3 เปรียบเทียบความเร็วกับเวลา

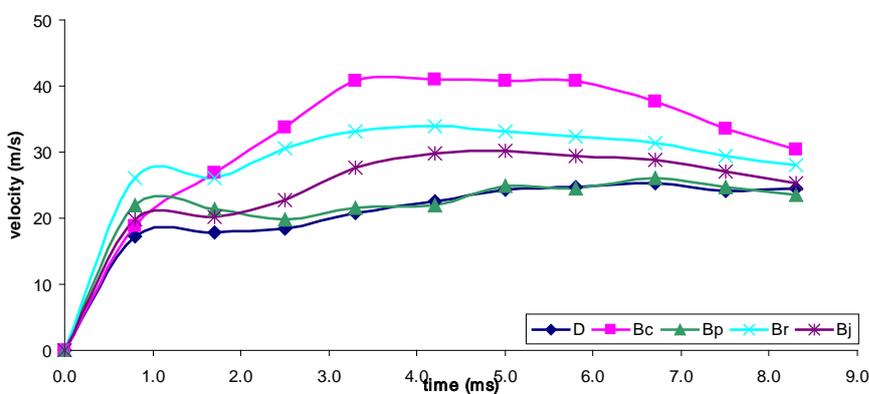
ที่ความดัน 0 bar



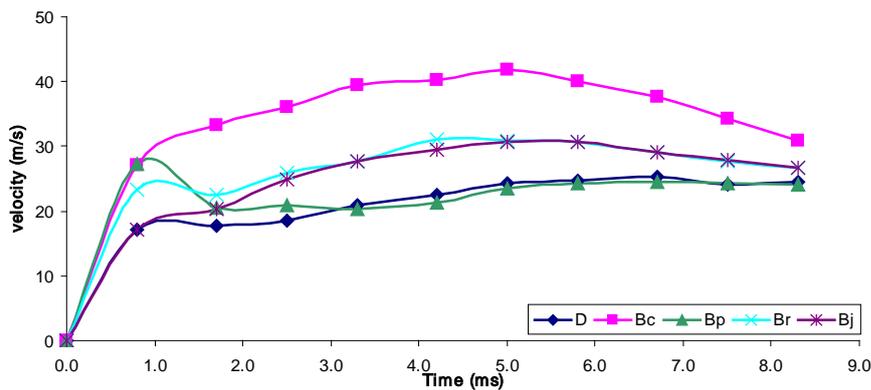
รูปที่ 4.40 กราฟแสดงความเร็วของลำพุ่งของน้ำมันไบโอดีเซลแต่ละชนิด เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซลอุณหภูมิห้อง(40 °C) ที่ความดัน 0 bar อุณหภูมิ 40°C



รูปที่ 4.41 กราฟแสดงความเร็วของลำพุ่งของน้ำมันไบโอดีเซลแต่ละชนิด เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซลอุณหภูมิห้อง(40 °C) ที่ความดัน 0 bar อุณหภูมิ 50°C

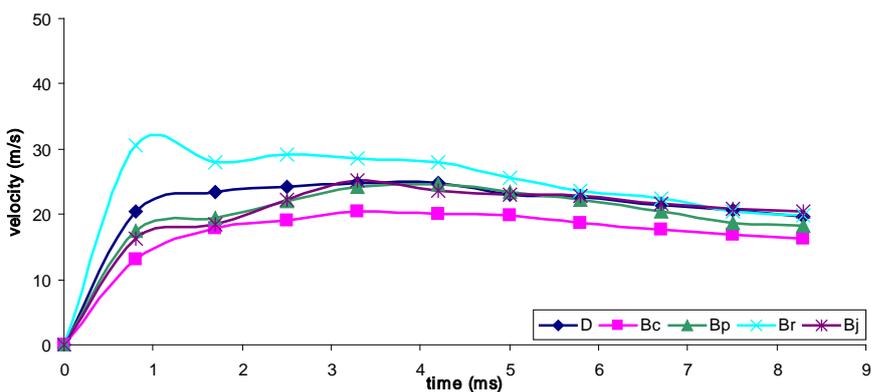


รูปที่ 4.42 กราฟแสดงความเร็วของลำพุ่งของน้ำมันไบโอดีเซลแต่ละชนิด เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซลอุณหภูมิห้อง(40 °C) ที่ความดัน 0 bar อุณหภูมิ 60°C

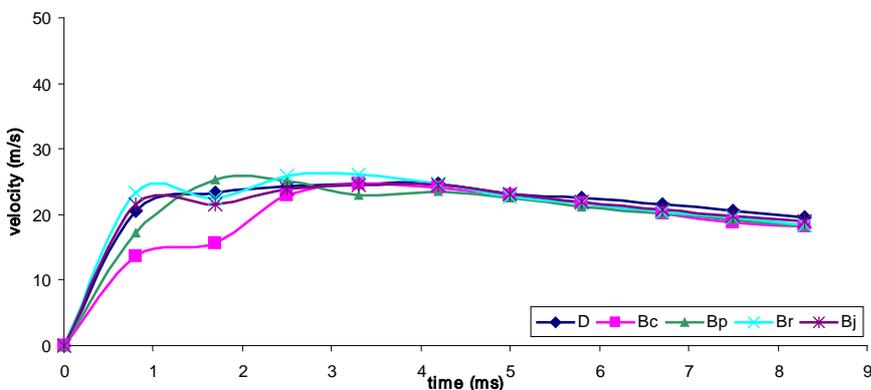


รูปที่ 4.43 กราฟแสดงความเร็วของลำพุ่งของน้ำมันไบโอดีเซลแต่ละชนิด เมื่อเทียบกับ น้ำมันดีเซลอุณหภูมิห้อง(40 °C) ที่ความดัน 0 bar อุณหภูมิ 70°C

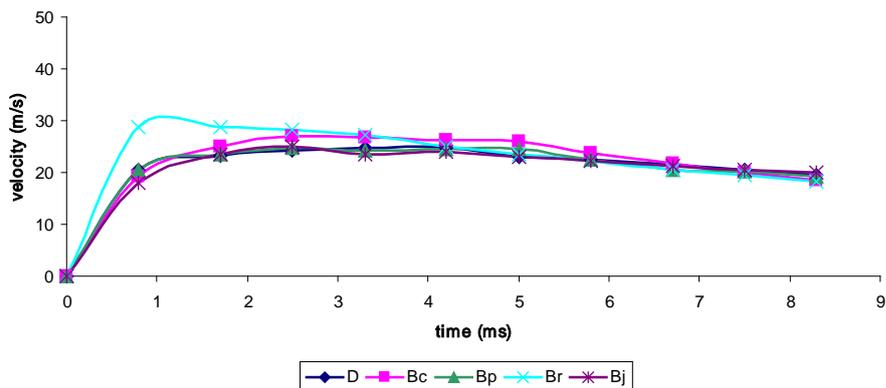
ที่ความดัน 5 bar



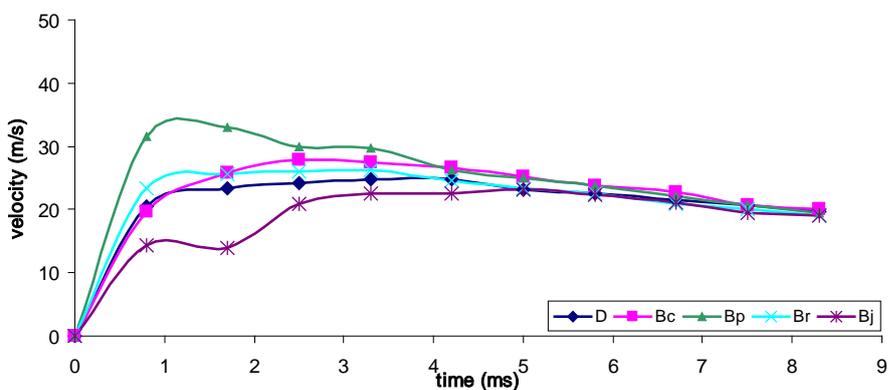
รูปที่ 4.44 กราฟแสดงความเร็วของลำพุ่งของน้ำมันไบโอดีเซลแต่ละชนิด เมื่อเทียบกับ น้ำมันดีเซลอุณหภูมิห้อง(40 °C) ที่ความดัน 5 bar อุณหภูมิ 40°C



รูปที่ 4.45 กราฟแสดงความเร็วของลำพุ่งของน้ำมันไบโอดีเซลแต่ละชนิด เมื่อเทียบกับ น้ำมันดีเซลอุณหภูมิห้อง(40 °C) ที่ความดัน 5 bar อุณหภูมิ 50°C

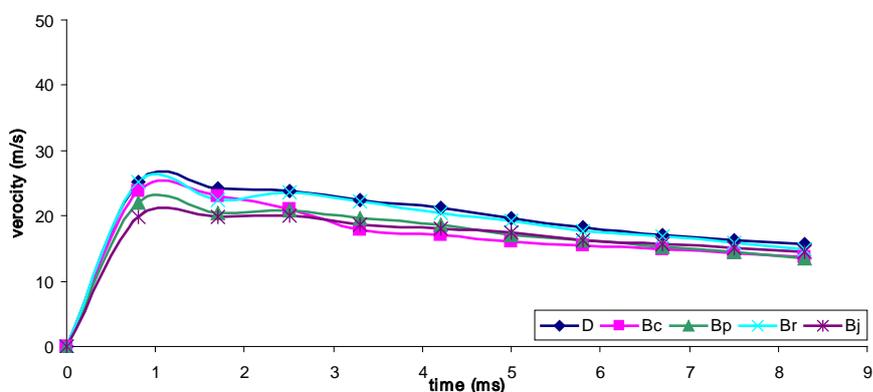


รูปที่ 4.46 กราฟแสดงความเร็วของลำพุ่งของน้ำมันไบโอดีเซลแต่ละชนิด เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซลอุณหภูมิห้อง(40 °C) ที่ความดัน 5 bar อุณหภูมิ 60°C

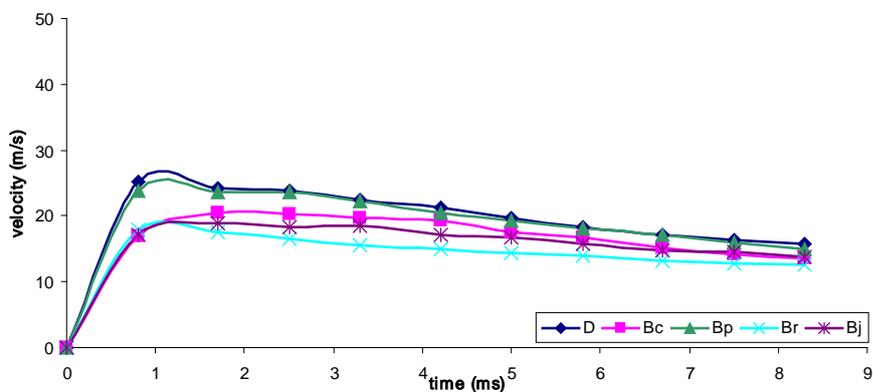


รูปที่ 4.47 กราฟแสดงความเร็วของลำพุ่งของน้ำมันไบโอดีเซลแต่ละชนิด เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซลอุณหภูมิห้อง(40 °C) ที่ความดัน 5 bar อุณหภูมิ 70°C

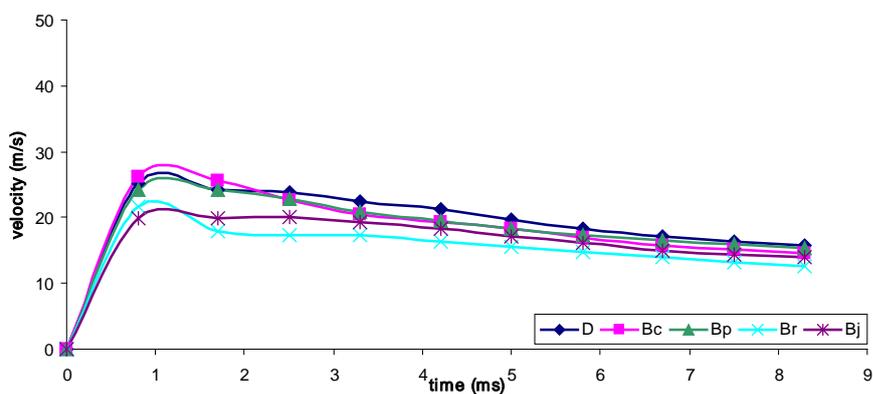
ที่ความดัน 10 bar



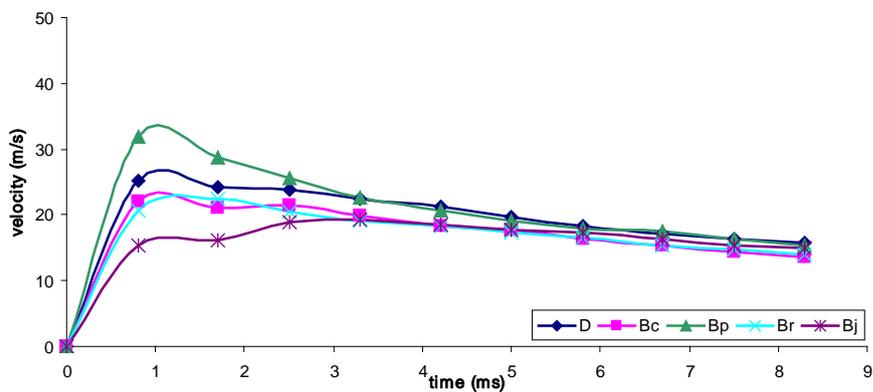
รูปที่ 4.48 กราฟแสดงความเร็วของลำพุ่งของน้ำมันไบโอดีเซลแต่ละชนิด เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซลอุณหภูมิห้อง(40 °C) ที่ความดัน 10 bar อุณหภูมิ 40°C



รูปที่ 4.49 กราฟแสดงความเร็วของลำพุ่งของน้ำมันไบโอดีเซลแต่ละชนิด เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซลอุณหภูมิห้อง(40 °C) ที่ความดัน 10 bar อุณหภูมิ 50°C



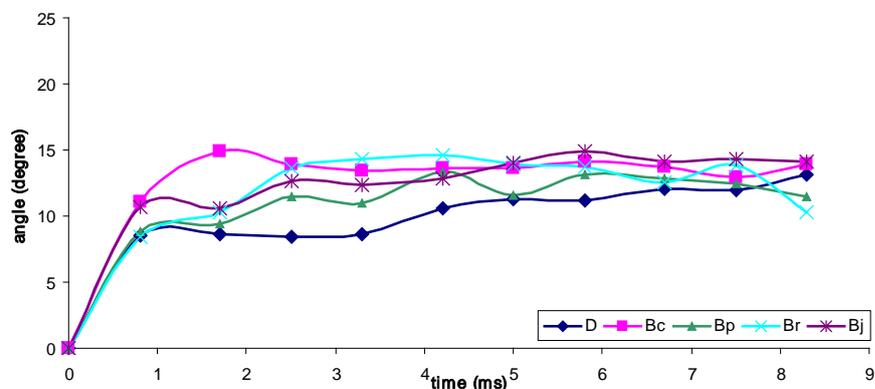
รูปที่ 4.50 กราฟแสดงความเร็วของลำพุ่งของน้ำมันไบโอดีเซลแต่ละชนิด เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซลอุณหภูมิห้อง(40 °C) ที่ความดัน 10 bar อุณหภูมิ 60°C



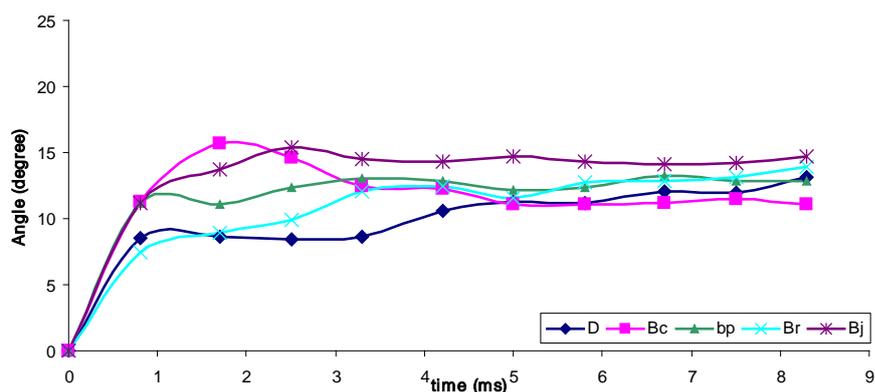
รูปที่ 4.51 กราฟแสดงความเร็วของลำพุ่งของน้ำมันไบโอดีเซลแต่ละชนิด เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซลอุณหภูมิห้อง(40 °C) ที่ความดัน 10 bar อุณหภูมิ 70°C

#### 4.2.4 เปรียบเทียบมุมสเปร์ย์กับเวลา

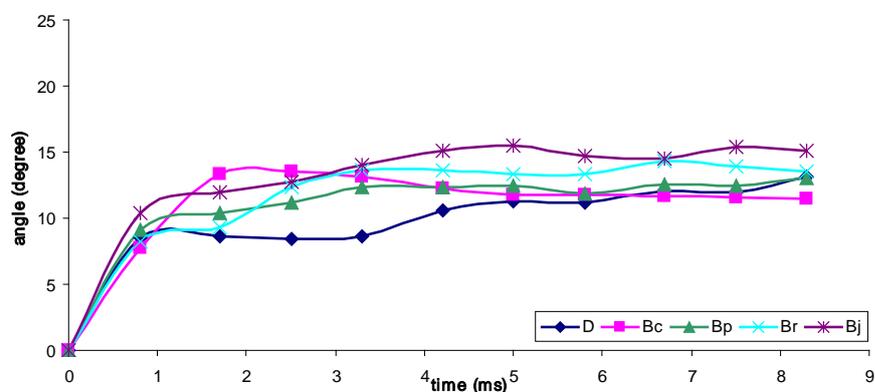
ที่ความดัน 0 bar



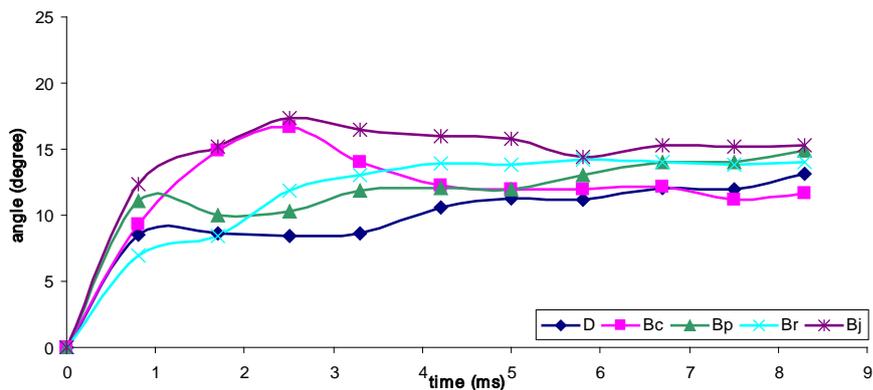
รูปที่ 4.52 กราฟแสดงมุมสเปร์ย์ของน้ำมันไบโอดีเซลแต่ละชนิด เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล อุณหภูมิห้อง(40 °C) ที่ความดัน 0 bar อุณหภูมิ 40°C



รูปที่ 4.53 กราฟแสดงมุมสเปร์ย์ของน้ำมันไบโอดีเซลแต่ละชนิด เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล อุณหภูมิห้อง(40 °C) ที่ความดัน 0 bar อุณหภูมิ 50°C

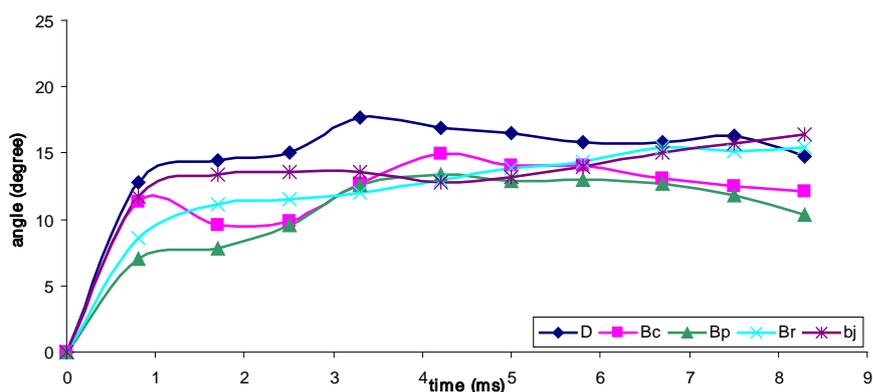


รูปที่ 4.54 กราฟแสดงมุมสเปร์ย์ของน้ำมันไบโอดีเซลแต่ละชนิด เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล อุณหภูมิห้อง(40 °C) ที่ความดัน 0 bar อุณหภูมิ 60°C

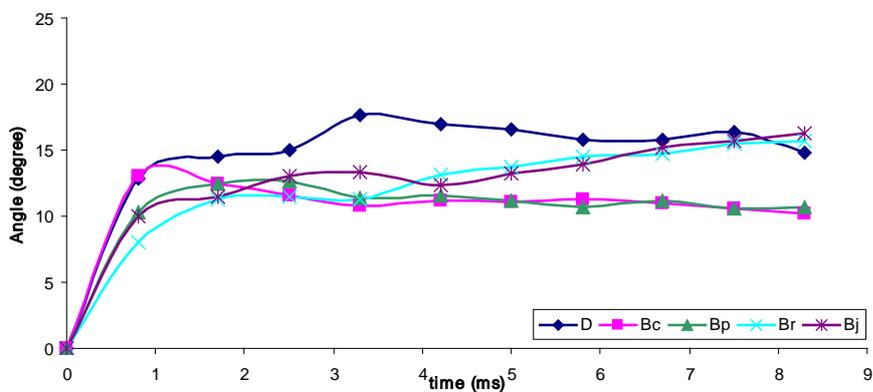


รูปที่ 4.55 กราฟแสดงมุมสเปรย์ของน้ำมันไบนอดีเซลแต่ละชนิด เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล อุณหภูมิห้อง(40 °C) ที่ความดัน 0 bar อุณหภูมิ 70 °C

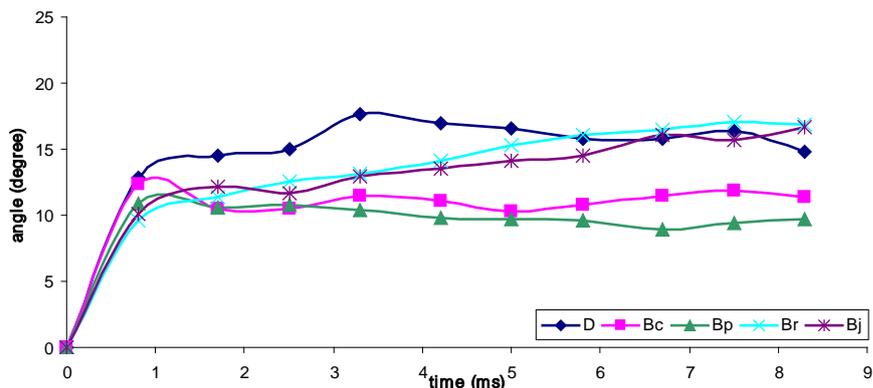
ที่ความดัน 5 bar



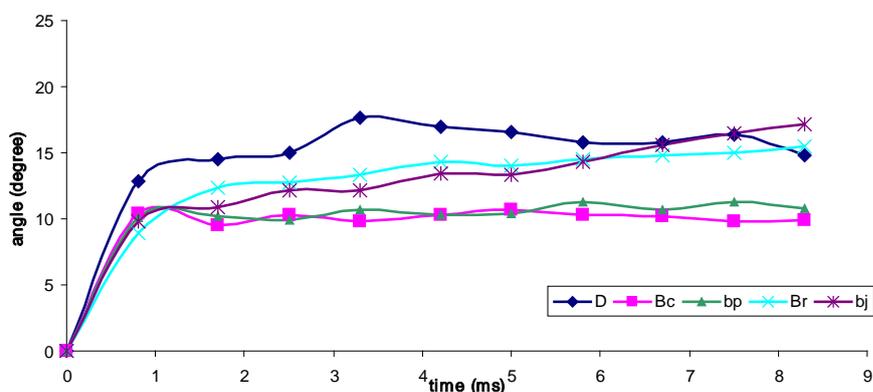
รูปที่ 4.56 กราฟแสดงมุมสเปรย์ของน้ำมันไบนอดีเซลแต่ละชนิด เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล อุณหภูมิห้อง(40 °C) ที่ความดัน 5 bar อุณหภูมิ 40 °C



รูปที่ 4.57 กราฟแสดงมุมสเปรย์ของน้ำมันไบนอดีเซลแต่ละชนิด เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล อุณหภูมิห้อง(40 °C) ที่ความดัน 5 bar อุณหภูมิ 50 °C

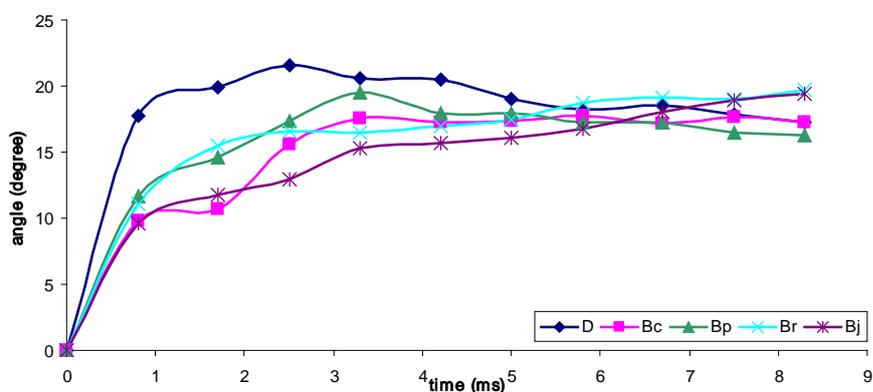


รูปที่ 4.58 กราฟแสดงมุมสเปร์ย์ของน้ำมันไบโอดีเซลแต่ละชนิด เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล อุณหภูมิห้อง(40 °C) ที่ความดัน 5 bar อุณหภูมิ 60°C

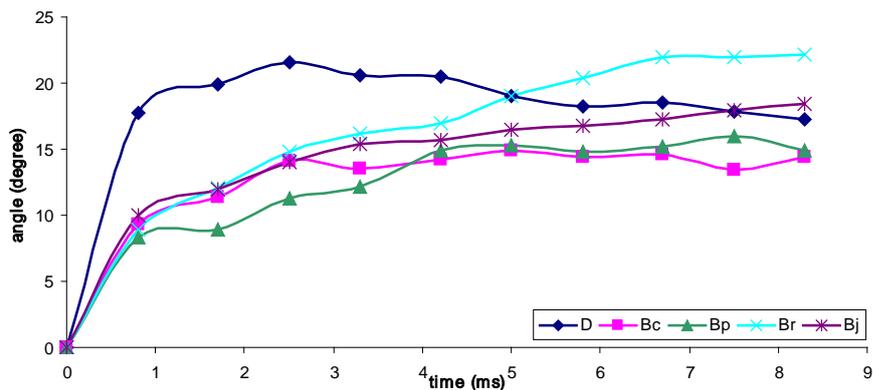


รูปที่ 4.59 กราฟแสดงมุมสเปร์ย์ของน้ำมันไบโอดีเซลแต่ละชนิด เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล อุณหภูมิห้อง(40 °C) ที่ความดัน 5 bar อุณหภูมิ 70°C

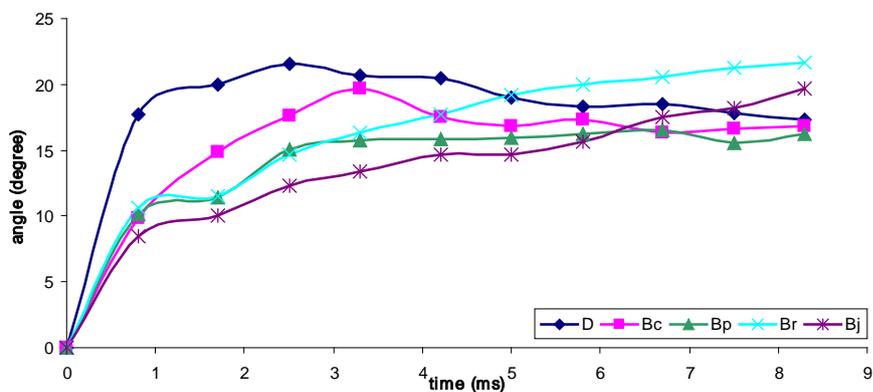
ที่ความดัน 10 bar



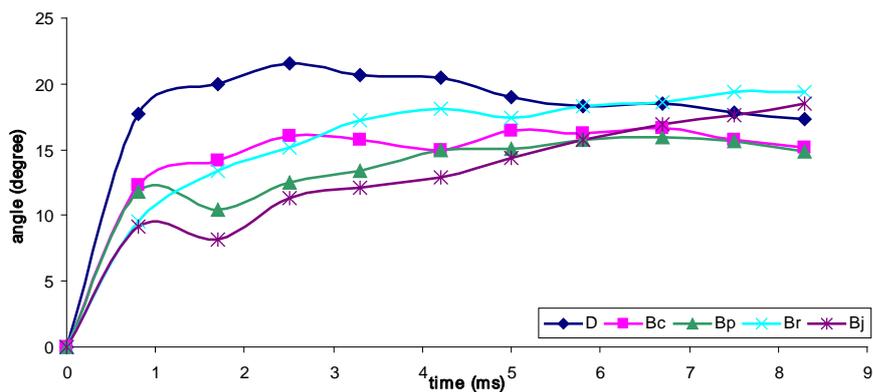
รูปที่ 4.60 กราฟแสดงมุมสเปร์ย์ของน้ำมันไบโอดีเซลแต่ละชนิด เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล อุณหภูมิห้อง(40 °C) ที่ความดัน 10 bar อุณหภูมิ 40°C



รูปที่ 4.61 กราฟแสดงมุมสเปร์ย์ของน้ำมันไบโอดีเซลแต่ละชนิด เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล อุณหภูมิห้อง(40 °C) ที่ความดัน 10 bar อุณหภูมิ 50°C

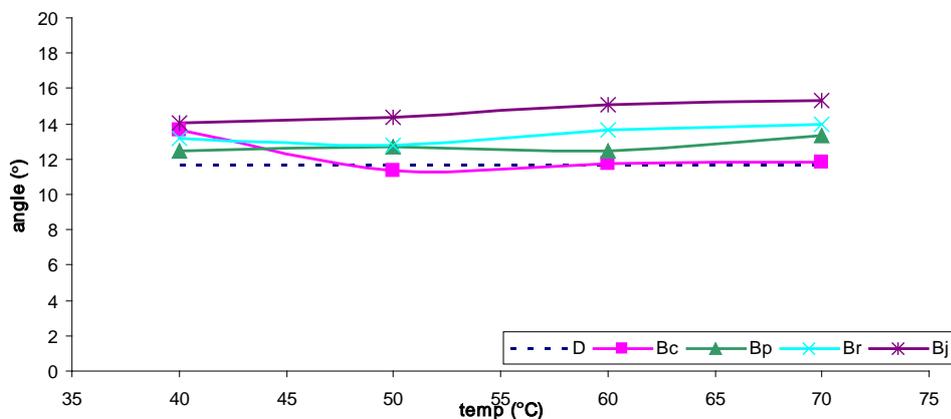


รูปที่ 4.62 กราฟแสดงมุมสเปร์ย์ของน้ำมันไบโอดีเซลแต่ละชนิด เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล อุณหภูมิห้อง(40 °C) ที่ความดัน 10 bar อุณหภูมิ 60°C



รูปที่ 4.63 กราฟแสดงมุมสเปร์ย์ของน้ำมันไบโอดีเซลแต่ละชนิด เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล อุณหภูมิห้อง(40 °C) ที่ความดัน 10 bar อุณหภูมิ 70°C

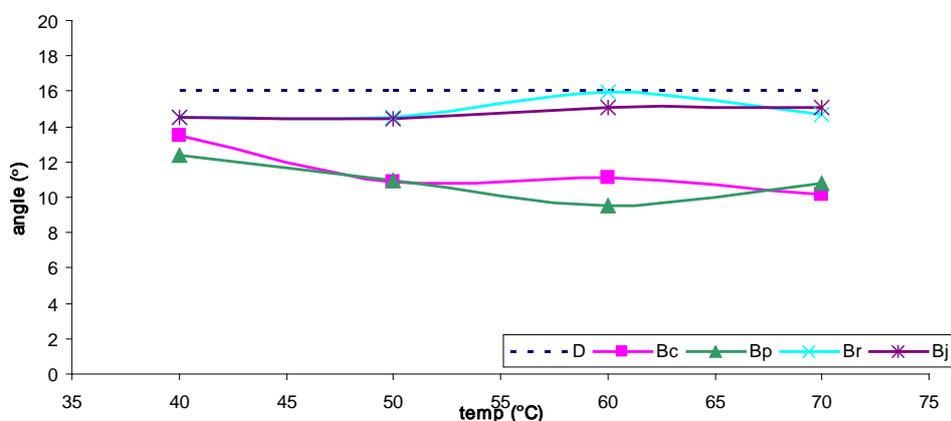
#### 4.2.5 เปรียบเทียบมุมสเปรย์กับอุณหภูมิ



รูปที่ 4.64 กราฟแสดงมุมสเปรย์ของน้ำมันไบโอดีเซลแต่ละชนิด เทียบกับน้ำมันดีเซลที่อุณหภูมิห้อง(40 °C) ที่ความดัน 0 bar

จากรูปที่ 4.64 แสดงมุมสเปรย์ของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด ที่ความดันห้องเผาไหม้จำลอง 0 bar พบว่า

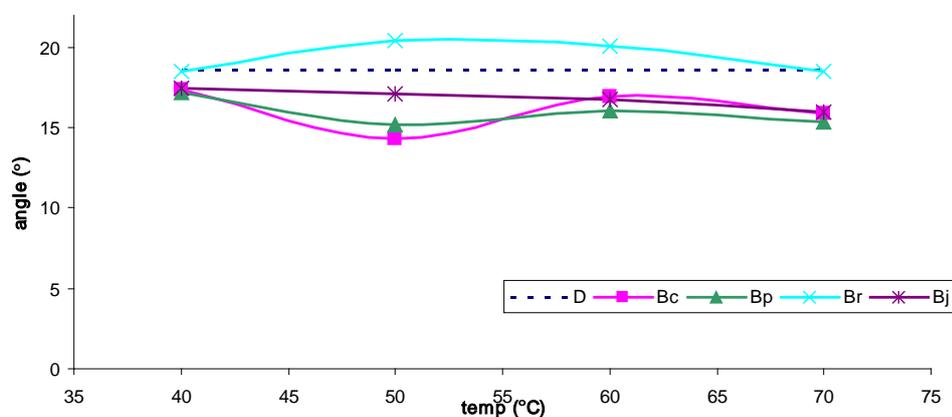
- เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้มุมสเปรย์เพิ่มขึ้นเล็กน้อย
- น้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดสบู่ดำ มีมุมสเปรย์มากที่สุด รองลงมาคือไบโอดีเซลจากเมล็ดยางพารา , ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม , ไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าว สุดท้ายคือ น้ำมันดีเซลที่อุณหภูมิห้อง(40 °C)
- เมื่ออุณหภูมิมากกว่า 50°C มุมสเปรย์ของน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวจะเท่ากับน้ำมันดีเซลที่อุณหภูมิห้อง(40 °C)



รูปที่ 4.65 กราฟแสดงมุมสเปรย์ของน้ำมันไบโอดีเซลแต่ละชนิด เทียบกับน้ำมันดีเซลที่อุณหภูมิห้อง(40 °C) ที่ความดัน 5 bar

จากรูปที่ 4.65 แสดงมุมสเปร์ย์ของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด ที่ความดันห้องเผาไหม้จำลอง 5 bar พบว่า

- เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะไม่ส่งผลกระทบต่อมุมสเปร์ย์ของน้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดยางพารา และเมล็ดสบู่ดำ
- เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้มุมสเปร์ย์ของไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าว และน้ำมันปาล์มลดลง
- น้ำมันดีเซลที่อุณหภูมิห้อง(40 °C) มีมุมสเปร์ย์มากที่สุด รองลงมาคือไบโอดีเซลจากเมล็ดยางพารา และน้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดสบู่ดำ สุดท้ายคือ ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม และไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าว

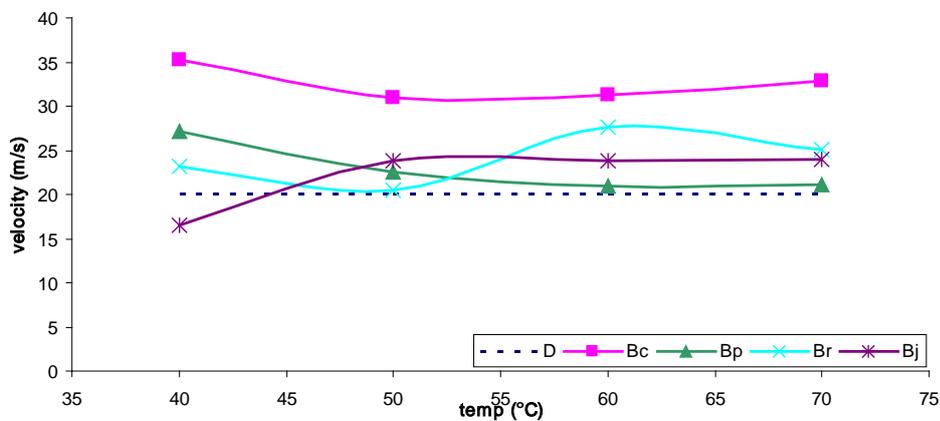


รูปที่ 4.66 กราฟแสดงมุมสเปร์ย์ของน้ำมันไบโอดีเซลแต่ละชนิด เทียบกับน้ำมันดีเซลที่อุณหภูมิห้อง(40 °C) ที่ความดัน 10 bar

จากรูปที่ 4.66 แสดงมุมสเปร์ย์ของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด ที่ความดันห้องเผาไหม้จำลอง 10 bar พบว่า

- ที่อุณหภูมิ 50 °C จะส่งผลกระทบต่อมุมสเปร์ย์ของน้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดยางพาราเพิ่มขึ้น และไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวกับไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มลดลง ส่วนน้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดสบู่ดำมุมสเปร์ย์คงที่
- น้ำมันไบโอดีเซลทุกชนิดยกเว้น น้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดยางพารา จะมีมุมสเปร์ย์น้อยกว่าน้ำมันดีเซลที่อุณหภูมิห้อง(40 °C)

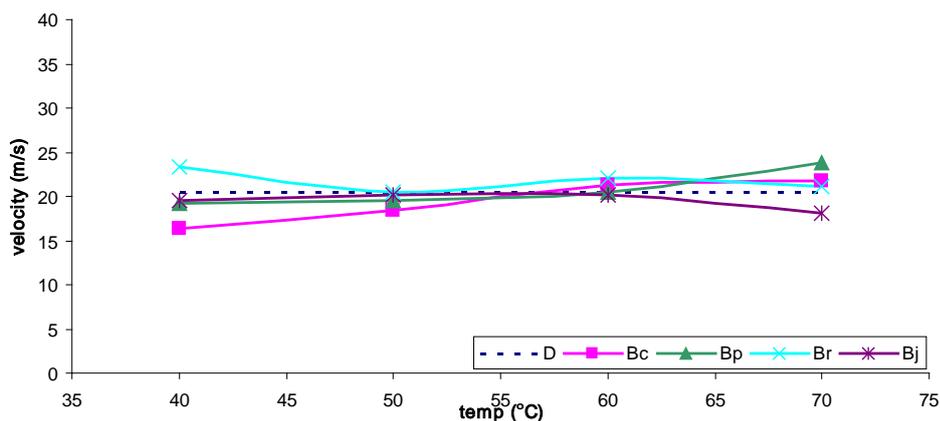
#### 4.2.6 เปรียบเทียบความเร็วของลำพุงกับอุณหภูมิ



รูปที่ 4.67 กราฟแสดงความเร็วของลำพุงของน้ำมันไบโอดีเซลแต่ละชนิด เทียบกับน้ำมันดีเซลที่อุณหภูมิห้อง(40 °C) ที่ความดัน 0 bar

จากรูปที่ 4.67 แสดงความเร็วของลำพุงของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด ที่ความดันห้องเผาไหม้จำลอง 0 bar พบว่า

- ที่อุณหภูมิ 50 °C ขึ้นไปจะส่งผลให้ความเร็วของลำพุงของน้ำมันไบโอดีเซลทุกชนิดมากกว่าน้ำมันดีเซลที่อุณหภูมิห้อง(40 °C)
- ไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวมีความเร็วของลำพุงมากที่สุด ขณะที่น้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดคางพารา, ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม และไบโอดีเซลจากเมล็ดสบู่ดำมีความเร็วใกล้เคียงกัน ซึ่งมากกว่าน้ำมันดีเซลที่อุณหภูมิห้อง(40 °C)เล็กน้อย

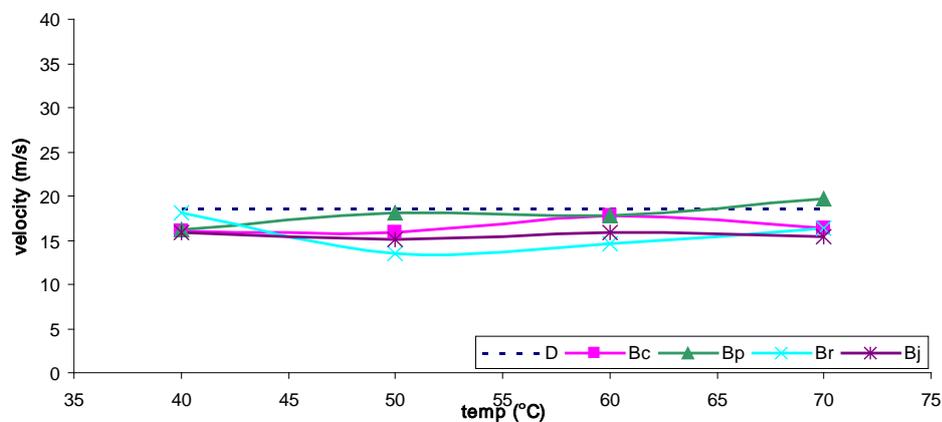


รูปที่ 4.68 กราฟแสดงความเร็วของลำพุงของน้ำมันไบโอดีเซลแต่ละชนิด เทียบกับน้ำมันดีเซลที่อุณหภูมิห้อง(40 °C) ที่ความดัน 10 bar

จากรูปที่ 4.68 แสดงความเร็วของลำพุงของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด ที่ความดันห้องเผาไหม้จำลอง 5 bar พบว่า

- ที่ความดัน 5 bar การเพิ่มอุณหภูมิส่งผลต่อการเปลี่ยนความเร็วของลำพุงน้อยมาก

- ความเร็วของไบโอดีเซลทุกชนิดมีค่าใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลที่อุณหภูมิห้อง(40 °C)



รูปที่ 4.69 กราฟแสดงความเร็วของลำพุ่งของน้ำมันไบโอดีเซลแต่ละชนิด เทียบกับน้ำมันดีเซลที่อุณหภูมิห้อง(40 °C) ที่ความดัน 10 bar

จากรูปที่ 4.69 แสดงความเร็วของลำพุ่งของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด ที่ความดันห้องเผาไหม้จำลอง 10 bar พบว่า

- ที่ความดัน 10 bar การเพิ่มอุณหภูมิส่งผลต่อการเปลี่ยนความเร็วของลำพุ่งน้อยมาก
- ความเร็วของไบโอดีเซลทุกชนิดมีค่าต่ำกว่าน้ำมันดีเซลที่อุณหภูมิห้อง(40 °C) เล็กน้อย