

ผลการวิจัยและการวิจารณ์ผล

5.1 คุณสมบัติชีวมวล

ในงานวิจัยนี้ เราสนใจไมยราพยักษ์ ซึ่งเป็นวัชพืชที่พบได้มากในประเทศไทย ผลการวิเคราะห์ไมยราพยักษ์เป็นดังแสดงในตารางที่ 5.1 ปริมาณความชื้นพบอยู่ในช่วง 1.5 – 2.4 % โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 1.6 % ปริมาณเศษเถาที่ 3.7% ถือว่าค่อนข้างต่ำซึ่งจะเป็นผลดีในการนำไปเผาไหม้หรือใช้ในการกระบวนการแกสซิฟิเคชัน ปริมาณสารระเหยนับว่าสูง > 70% ซึ่งอาจจะทำให้มีน้ำมันดินมากได้ในการแปลงสภาพเชิงเคมีความร้อน ค่าความร้อนเท่ากับ 17.5 MJ/kg นับว่าสูงและใกล้เคียงกับชีวมวลจำพวกไม้

ตารางที่ 5.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติไมยราพยักษ์

Property	Method	Quantity
Proximate analysis (% w/w)		
Moisture	ASTM D 3173	1.6
Volatile	ASTM D 3175	71.1
Fixed carbon	ASTM D 3172	23.6
Ash	ASTM D 3177	3.7
Ultimate analysis (%)		
Carbon		43.9
Hydrogen		6.0
Nitrogen		1.4
Oxygen		48.7
H/C molar ratio	calculation	1.64
O/C molar ratio	calculation	0.83
Empirical formula	calculation	CH _{1.64} O _{0.83} N _{0.03}
Higher heating value (MJ/kg)	ASTM 5865	17.5

ตารางที่ 5.2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติชีวมวลอื่นๆ ที่สนใจ

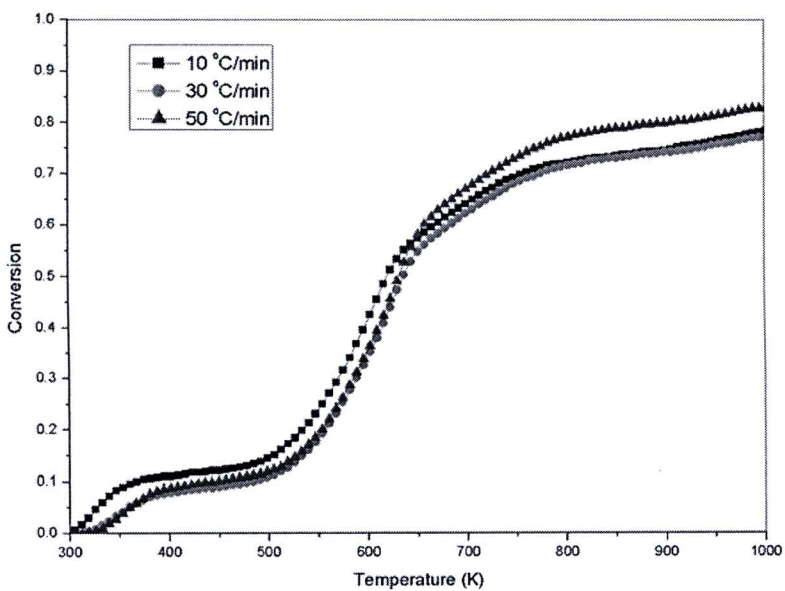
Ultimate (%w/w)	C	H	N	O
ไมยราพยักษ์	43.9	6.0	1.4	48.7
เศษไม้จากโรงงานเฟอร์นิเจอร์	55.55	5.17	1.21	35.25
ไม้มะม่วง	49.48	4.40	1.96	41.17
ไม้ลำไย	47.12	4.60	1.95	44.05
ใบหญ้าคา	44.06	5.34	1.81	38.66
เม็ดลำไย	41.05	4.82	2.05	40.71
เปลือกลำไย	46.24	5.03	1.79	43.18

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติชีวมวลอื่นๆ ที่น่าสนใจและหาได้ใน จ.เชียงใหม่ และภาคเหนือของประเทศไทย นำมาแสดงในตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบกับไมยราพยักษ์

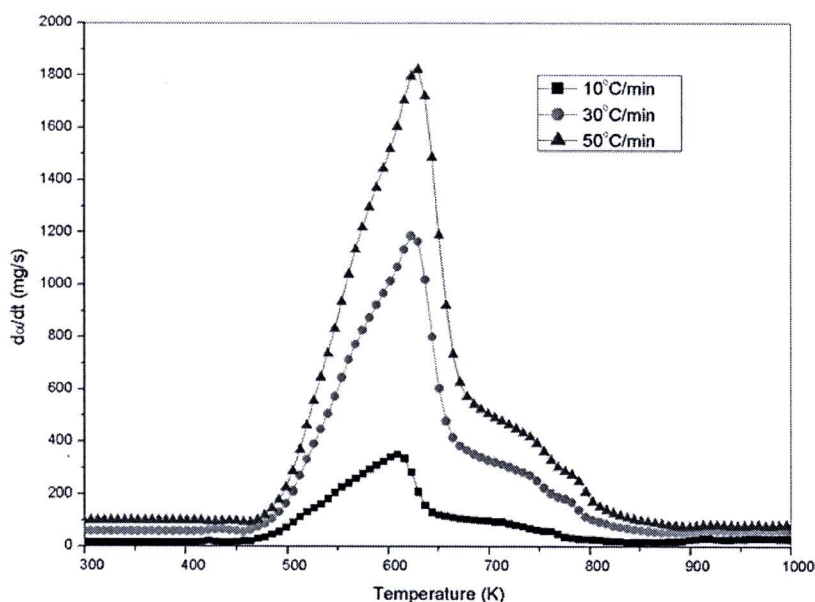
5.2 ผลการสลายตัวทางความร้อนของชีวมวล

5.2.1 ในตัวกลางเฉื่อย

ผลการสลายตัวทางความร้อนของไมยราพยักษ์ในตัวกลางเฉื่อย (ก๊าซไนโตรเจน) นำเสนอในรูปแบบของค่าการแปลงน้ำหนักและอัตราการสลายตัวที่เปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิตั้งแต่อุณหภูมิห้องถึงประมาณ 1000 เคลวิน ที่อัตราการให้ความร้อนต่างๆ ระหว่าง 10 – 30 องศาเซลเซียสต่อนาที ดังรูปที่ 5.1 และ 5.2



รูปที่ 5.1 ค่าการแปลงน้ำหนักของไมยราพยักษ์ตามอุณหภูมิ ภายใต้สภาวะตัวกลางเป็นไนโตรเจน ที่อัตราการให้ความร้อนต่างๆ



รูปที่ 5.2 อัตราการสลายของไมยราพยักษ์ทางความร้อนตามอุณหภูมิ ภายใต้สภาวะตัวกลางเป็นไนโตรเจน ที่อัตราการให้ความร้อนต่างๆ

จากผลที่ได้พบว่า ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 150 เซลเซียส มวลที่เปลี่ยนแปลงเกิดจากการระเหยน้ำออกไปของตัวอย่างชีวมวล โดยสารระเหยได้จะถูกปล่อยออกมาที่อุณหภูมิประมาณ 200 องศาเซลเซียสเป็นต้นไป โดยกราฟในรูป 5.1 มีการเปลี่ยนแปลงมวลเทียบกับอุณหภูมิแสดงการสูญเสียมวลหลักในสองช่วงระหว่าง 200 - 400 และ 400 - 700 องศาเซลเซียส ซึ่งความชันของกราฟในช่วงดังกล่าวก็เปลี่ยนไป โดยค่าการเปลี่ยนแปลงมีความคล้ายคลึงกันระหว่างอัตราการให้ความร้อนต่างๆ โดยกราฟจะขยับออกไปทางขวานิดหน่อยที่อัตราการให้ความร้อนสูงขึ้น

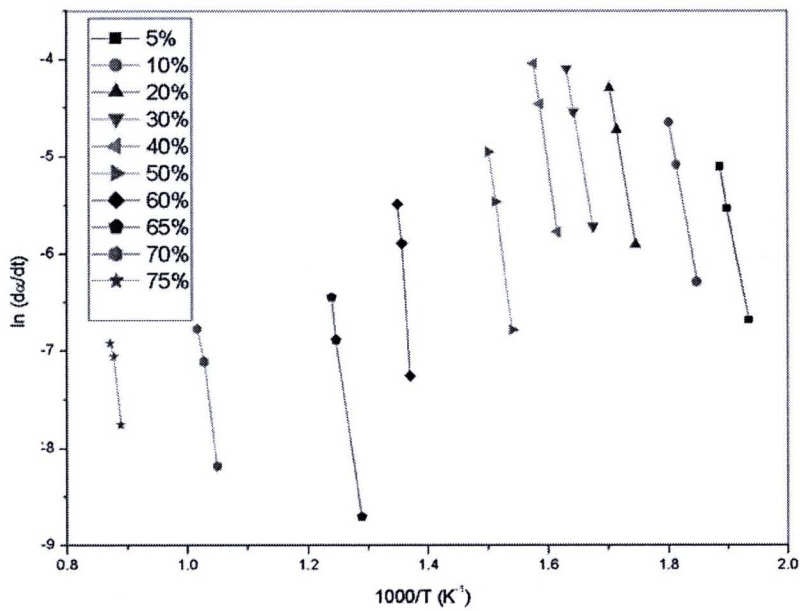
รูปที่ 5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงมวลต่อเวลากับอุณหภูมิการสลายตัวที่อัตราการให้ความร้อนต่างๆ จากกราฟแสดงให้เห็นถึงค่าสูงสุดที่เกิดขึ้นในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 325 – 375 องศาเซลเซียส ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส อัตราการให้ความร้อนที่สูงขึ้นทำให้เกิดการสลายตัวในช่วงอุณหภูมิกว้างขึ้น

ตารางที่ 5.3 แสดงถึงการเปรียบเทียบผลการสลายตัวทางความร้อนในไนโตรเจนของชีวมวลชนิดต่างๆ ในรูปของอุณหภูมิเริ่มต้นในการสลายตัวของเฮมิเซลลูโลส อุณหภูมิที่มีอัตราการสลายตัวต่อเวลาสูงสุด อัตราการสลายตัวต่อเวลาสูงสุด การสลายตัวสูงสุด และค่าการสลายตัวที่ 500 องศาเซลเซียส โดยพบว่าโดยภาพรวม มีค่าใกล้เคียงกับชีวมวลอื่นๆ ที่เปรียบเทียบ และไม่ค่อยแตกต่างกันมากเท่าใด

ตารางที่ 5.3 การเปรียบเทียบผลการสลายตัวทางความร้อนในไนโตรเจนของชีวมวลชนิดต่างๆ

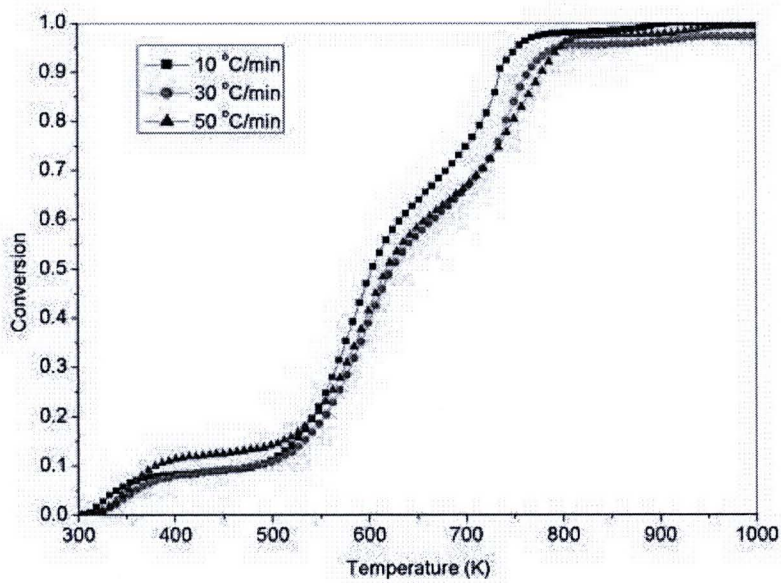
Reference	Biomass	T _{start} (°C)	T _{peak} (°C)	dα/dt _{peak}	α _{peak}	α _{500°C}	Heating rate (°C/min)
This work	Mimosa	198	336	0.748	0.45	0.29	10
		191	350	2.33	0.42	0.30	30
		197	356	4.11	0.49	0.24	50
Gronli <i>et al.</i> (2002)	Alder	242	349	1.02	0.40	0.17	5
	Beech	248	349	0.91	0.37	0.18	5
	Birch	244	353	0.98	0.32	0.14	5
	Oak	237	338	0.89	0.45	0.23	5
	Douglas fir	243	334	0.87	0.55	0.24	5
	Pine A	238	351	0.91	0.45	0.20	5
	Pine B	209	350	0.81	0.43	0.20	5
	Redwood	235	351	0.83	0.50	0.26	5
	Spruce	249	352	0.77	0.46	0.23	5
	Hard woods	243	347	0.95	0.38	0.18	5
	Soft woods	235	348	0.84	0.47	0.22	5
Kalita and Saikia (2004)	P. alba	170	360	-	0.58	-	20
	C. procera	210	290	-	0.85	-	20
	E. neerifolia	180	360	-	0.76	-	20
	N. indicum	140	350	-	0.68	-	20
	M. elengi	170	340	-	0.57	-	20
Gomez <i>et al.</i> (2007)	Thistle	214	334	0.20	-	-	20
	Pine	254	378	0.30	-	-	20
	Beech	259	380	0.35	-	-	20
Yao <i>et al.</i> (2008)	Bagasse	-	299.3	-	0.53	-	2
	Bamboo	-	285.9	-	0.44	-	2
	Cotton stalk	-	293.4	-	0.50	-	2
	Hemp	-	282.3	-	0.38	-	2
	Jute	-	283.1	-	0.44	-	2
	Kenaf	-	284.1	-	0.42	-	2
	Rice husk	-	297.4	-	0.37	-	2
	Rice straw	-	273.6	-	0.35	-	2
	Maple	-	308.3	-	0.58	-	2
	Pine	-	311.5	-	0.59	-	2
Jeguirim and Grouve (2009)	Giant reed	200	308	0.826	0.58	0.29	5

รูปที่ 5.3 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln(d\alpha/dt)$ กับ $1/T$ ที่ค่าการสลายมวลต่างๆระหว่าง 5 – 75% โดยได้ออกมาเป็นเส้นตรงหลายๆเส้น ซึ่งสามารถนำไปหาค่าพลังงานกระตุ้นและตัวแปรเตอร์การชนได้ ซึ่งพบว่า ค่าพลังงานกระตุ้นของการไพโรไลซิสไมยราพยักษ์อยู่ในช่วง 269 – 411 kJ/mol



รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสลายของไมยราพยักซ์ในไนโตรเจนกับอุณหภูมิที่ค่าการแปลงน้ำหนักต่างๆ

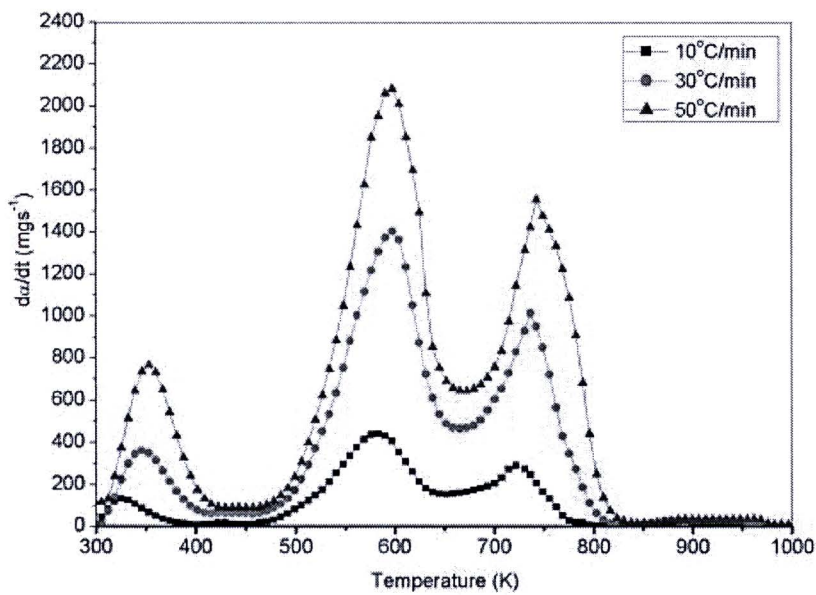
5.2.2 ในอากาศ



รูปที่ 5.4 ค่าการแปลงน้ำหนักของไมยราพยักซ์ตามอุณหภูมิ ภายใต้สภาวะตัวกลางเป็นอากาศ ที่อัตราการให้ความร้อนต่างๆ

ผลการสลายตัวทางความร้อนของไมยราพยักษ์ในอากาศ หรือการทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือการเผาไหม้ ถูกนำเสนอในรูปแบบของค่าการแปลงน้ำหนักและอัตราการสลายตัวที่เปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิตั้งแต่อุณหภูมิห้องถึงประมาณ 1000 เคลวิน ที่อัตราการให้ความร้อนต่างๆ ระหว่าง 10 – 30 องศาเซลเซียสต่อหน้าที่ ดังรูปที่ 5.4 และ 5.5 เกิดการลดลงของมวลในช่วงอุณหภูมิต่างๆ จนมวลคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงอีกต่อไป จากผลที่ได้พบว่า มวลของชีวมวลตัวอย่างเริ่มลดลงที่อุณหภูมิ 30 เซลเซียสจากการระเหยน้ำออกไปของตัวอย่างชีวมวลจนถึงประมาณ 140 องศาเซลเซียส จากนั้นสารระเหยได้ถูกปล่อยออกมาที่อุณหภูมิประมาณ 200 องศาเซลเซียสเป็นต้นไป โดยกราฟในรูป 5.4 มีการเปลี่ยนแปลงมวลเทียบกับอุณหภูมิแสดงการสูญเสียมวลหลักในสองช่วงระหว่าง 200 - 400 และ 400 - 550 องศาเซลเซียส โดยนับเป็นมวลประมาณ 40 และ 45% ช่วงแรกเป็นการสลายตัวเนื่องจากออกซิเดชัน และช่วงสองเป็นการเผาไหม้ของถ่านชาร์ ซึ่งความชันของกราฟในช่วงดังกล่าวก็เปลี่ยนไป โดยค่าการเปลี่ยนแปลงมีความคล้ายคลึงกันระหว่างอัตราการให้ความร้อนต่างๆ โดยกราฟจะขยับออกไปทางขวานิดหน่อยที่อัตราการให้ความร้อนสูงขึ้น อัตราการสลายตัวในอากาศจะมีค่าสูงกว่าค่าในก๊าซไนโตรเจน

ตารางที่ 5.4 แสดงถึงการเปรียบเทียบผลการสลายตัวทางความร้อนในอากาศของชีวมวลชนิดต่างๆ ในรูปของอุณหภูมิที่มีอัตราการสลายตัวต่อเวลาสูงสุด และอัตราการสลายตัวต่อเวลาสูงสุด ของทั้งสองช่วงมวลสูญเสียหลัก โดยพบว่าโดยภาพรวม มีค่าใกล้เคียงกับชีวมวลอื่นๆ ที่เปรียบเทียบ และไม่ค่อยแตกต่างกันมากเท่าใด



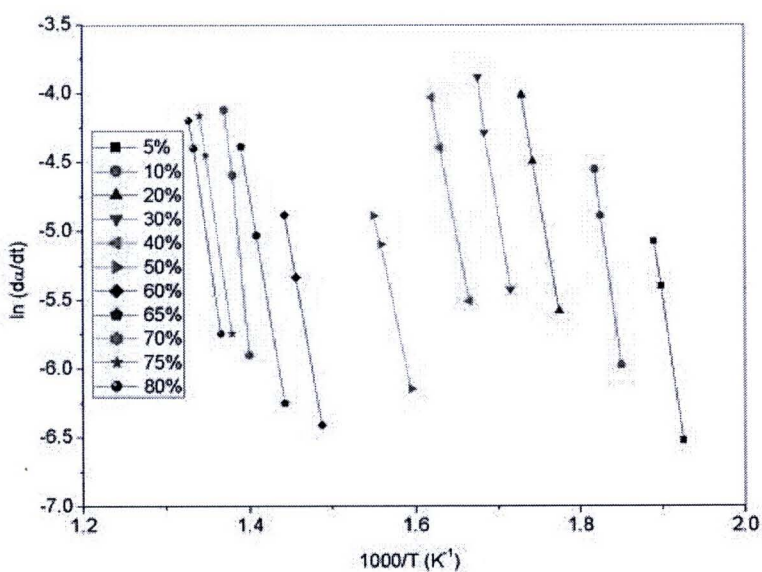
รูปที่ 5.5 อัตราการสลายของไมยราพยักษ์ทางความร้อนตามอุณหภูมิ ภายใต้สภาวะตัวกลางเป็นอากาศ ที่อัตราการให้ความร้อนต่างๆ

ตารางที่ 5.4 การเปรียบเทียบผลการสลายตัวทางความร้อนในอากาศของชีวมวลชนิดต่างๆ

Reference	Biomass	$T_1(^{\circ}\text{C})$	$d\alpha_1/dT$ ($\%^{\circ}\text{C}^{-1}$)	$T_2(^{\circ}\text{C})$	$d\alpha_2/dT$ ($\%^{\circ}\text{C}^{-1}$)	Heating rate ($^{\circ}\text{C}/\text{min}$)
This work	Mimosa	310	0.26	448	0.19	10
		326	0.28	469	0.19	30
		326	0.25	469	0.20	50
Jeguirim et al. (2010)	Arundo donax	250	-	337	-	5
	Miscanthus	289	-	401	-	5
Munir et al. (2009)	Cotton stalk	285	0.28	373	0.12	20
	Bagasse	306	0.19	378	0.11	20
	Shea meal	279	0.21	442	0.14	20
Shen et al. (2009)	Pine	329	1.13	443	0.55	10
	Aspens	321	1.23	415	0.79	10
	Birch	323	1.29	428	0.85	10
	Oak	325	1.29	450	0.44	10
Safi et al. (2004)	Pine needles	290	0.71	390	-	15
		310	0.845	370	-	30

รูปที่ 5.6 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln(dw/dt)$ กับ $1/T$ ที่ค่าการสลายมวลต่างๆระหว่าง 5 – 80% โดยได้ออกมาเป็นเส้นตรงหลายๆเส้น ซึ่งมีความชันเป็น $-E/R$ สามารถนำไปหาค่าพลังงานกระตุ้นและตัวแปรเดอการชของปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ ซึ่งพบว่า ค่าพลังงานกระตุ้นของการเผาไหม้ไมยราพ ยักษ์อยู่ในช่วง 235 – 498 kJ/mol ซึ่งมีค่าเฉลี่ยที่ 334 kJ/mol ซึ่งนับว่าค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับชีวมวลชนิดอื่น

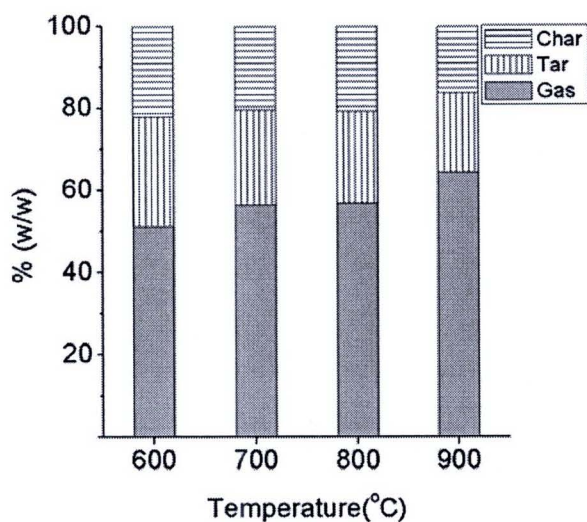




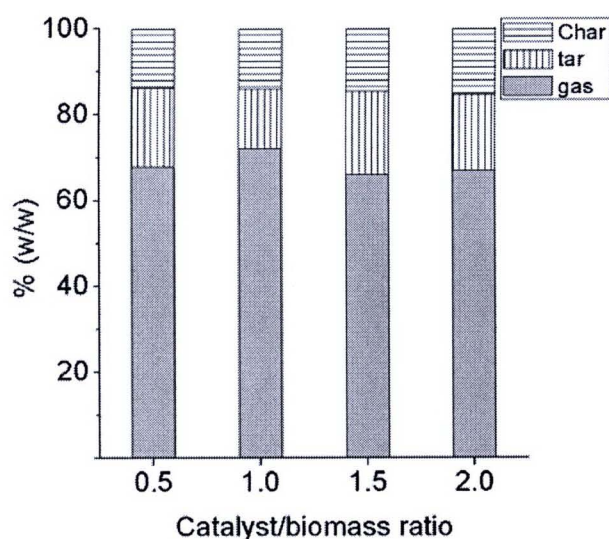
รูปที่ 5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสลายของไมยราพยักษ์ในอากาศกับอุณหภูมิที่ค่าการแปลงน้ำหนักต่างๆ

5.3 ผลการทดสอบกับเตาปฏิกรณ์แบบชั้นวัสดุหนึ่งและชั้นของไหล

รูปที่ 5.7 แสดงผลของอุณหภูมิปฏิกิริยาต่อผลผลิตจากกระบวนการแกสซิฟิเคชันโดยไม่มีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่า ปริมาณก๊าซที่ได้เพิ่มขึ้นจาก 51 เป็น 64% เมื่ออุณหภูมิเพิ่มจาก 600 เป็น 900 องศาเซลเซียส ในขณะที่ ถ่านชาร์ และน้ำมันดินลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ที่ช่วง 700 และ 800 องศาเซลเซียส ดูเหมือนว่าการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อย



รูปที่ 5.7 ผลของอุณหภูมิปฏิกิริยาต่อผลผลิตจากกระบวนการแกสซิฟิเคชัน



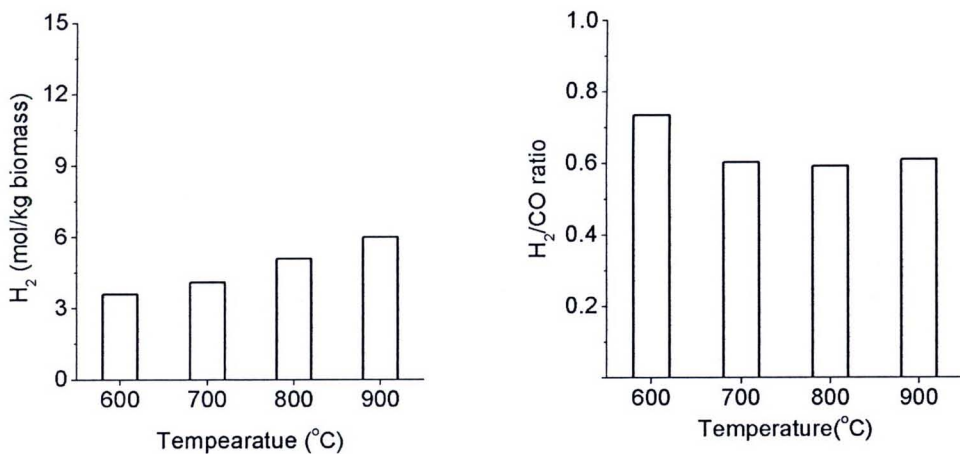
รูปที่ 5.8 ผลของการผสมตัวเร่งปฏิกิริยากับชีวมวลต่อผลผลิตจากกระบวนการแกสซิฟิเคชัน

รูปที่ 5.8 แสดงผลของการผสมตัวเร่งปฏิกิริยากับชีวมวลต่อผลผลิตจากกระบวนการแกสซิฟิเคชันที่สัดส่วนระหว่าง ตัวเร่งปฏิกิริยาต่อชีวมวลที่ 0.5 ถึง 2.0 ที่อุณหภูมิคงที่เท่ากับ 900 องศาเซลเซียส พบว่าขณะที่ปริมาณถ่านชาร์ได้ออกมาในระดับค่อนข้างคงที่ ปริมาณก๊าซที่ได้มีการเพิ่มขึ้นสูงสุดมากกว่า 70% ที่สัดส่วนตัวเร่งปฏิกิริยาต่อชีวมวลที่ 1.0

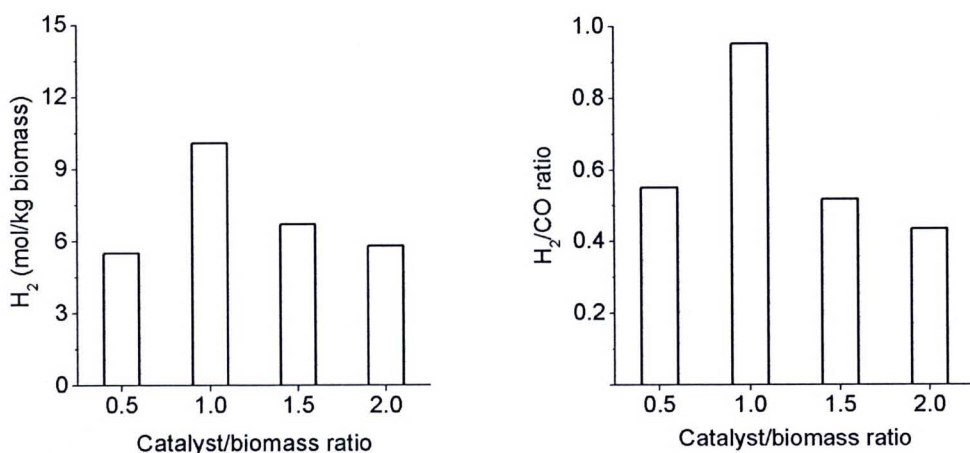
รูปที่ 5.9 แสดงผลของอุณหภูมิปฏิกิริยาต่อปริมาณไฮโดรเจน และสัดส่วนไฮโดรเจนต่อคาร์บอนมอนอกไซด์จากกระบวนการแกสซิฟิเคชันโดยไม่มีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งแสดงผลที่ชัดเจนว่าปริมาณไฮโดรเจน และสัดส่วนไฮโดรเจนต่อคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากกระบวนการแกสซิฟิเคชันขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มจาก 600 เป็น 900 องศาเซลเซียส ปริมาณไฮโดรเจนที่ได้เพิ่มขึ้นจาก 3.3 เป็น 6.0 โมลต่อกิโลกรัมชีวมวล ในขณะที่ สัดส่วนไฮโดรเจนต่อคาร์บอนมอนอกไซด์ลดลงเล็กน้อยจาก 0.72 เป็น 0.60

การเพิ่มขึ้นของไฮโดรเจนน่าจะมาจากการได้ปริมาณก๊าซสูงในช่วงไพโรไลซิสเริ่มต้น ซึ่งจะมีอัตราเร็วขึ้นที่อุณหภูมิสูงขึ้น และมาจากปฏิกิริยาแกสซิฟิเคชันของถ่านชาร์ซึ่งเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อนซึ่งจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

รูปที่ 5.10 แสดงผลของการผสมตัวเร่งปฏิกิริยากับชีวมวลต่อปริมาณไฮโดรเจน และสัดส่วนไฮโดรเจนต่อคาร์บอนมอนอกไซด์จากกระบวนการแกสซิฟิเคชันที่สัดส่วนระหว่างตัวเร่งปฏิกิริยาต่อชีวมวลที่ 0.5 ถึง 2.0 ที่อุณหภูมิคงที่ 900 องศาเซลเซียส พบว่า โดยทั่วไปแล้วปริมาณไฮโดรเจนจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีตัวเร่งปฏิกิริยา ค่าปริมาณไฮโดรเจนสูงสุดที่ได้พบที่สัดส่วนตัวเร่งปฏิกิริยาต่อชีวมวลที่ 1.0 ซึ่งมีปริมาณเป็นสองเท่าของที่ได้จากสภาวะเดียวกันเมื่อไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา อย่างไรก็ตาม เมื่อเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยามากขึ้นก็ไม่ได้ทำให้ได้ปริมาณไฮโดรเจนมากขึ้นแต่อย่างใด ผลของสัดส่วนไฮโดรเจนต่อคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้ก็เป็นไปตามแนวโน้มที่พบกับปริมาณไฮโดรเจน เช่นกัน

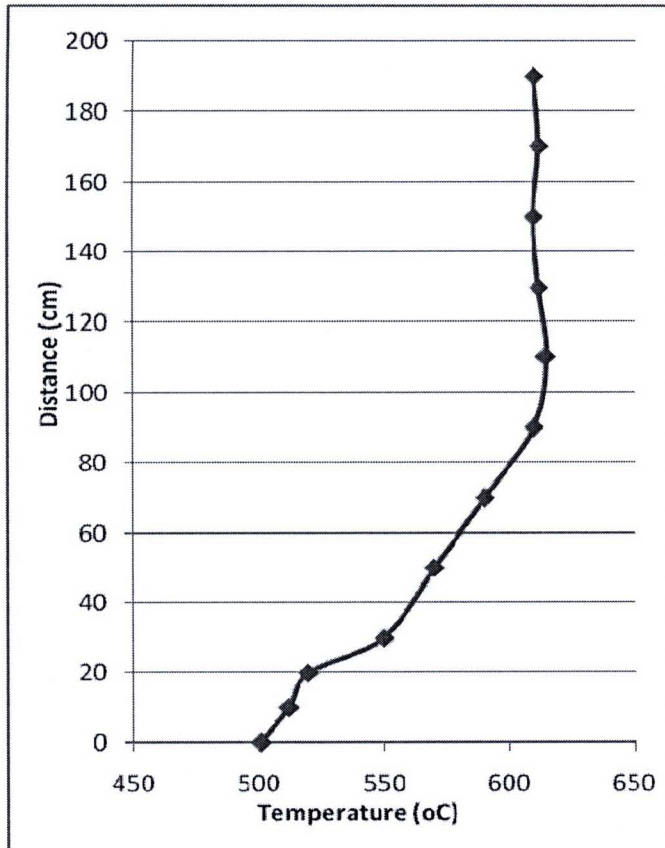


รูปที่ 5.9 ผลของอุณหภูมิปฏิกิริยาต่อปริมาณไฮโดรเจน และไฮโดรเจนต่อคาร์บอนมอนอกไซด์



รูปที่ 5.10 ผลของการผสมตัวเร่งปฏิกิริยากับชีวมวลต่อปริมาณไฮโดรเจน และไฮโดรเจนต่อคาร์บอนมอนอกไซด์

รูปที่ 5.11 แสดงถึงการกระจายตัวของอุณหภูมิในคอลัมน์ของชั้นของไหลที่ตั้งอุณหภูมิให้ช่องอากาศด้านบนที่ 600 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถทำงานได้ดี ช่วงความสูงของคอลัมน์ > 80 cm ขึ้นไปได้อุณหภูมิใกล้เคียงตามต้องการ ในช่วงความยาวก่อนหน้าอุณหภูมิต่ำกว่าที่ต้องการไปที่ 550 และ 500 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นผลมาจากการติดตั้งเทพความร้อนตามความยาวคอลัมน์นั่นเอง



รูปที่ 5.11 การกระจายตัวของอุณหภูมิในช่องชั้นของไหล

5.4 ผลการทดสอบกับตัวเร่งปฏิกิริยา

ระบบจ่ายก๊าซเชื้อเพลิงออกมาค่อนข้างนิ่งหลังจากเริ่มติดเตาได้ 30 – 60 นาที ก๊าซเชื้อเพลิงออกมาที่อุณหภูมิประมาณ 170 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถจุดติดไฟได้ สำหรับชุดปฏิกรณ์ตัวเร่งปฏิกิริยามีการทดสอบการกระจายของอุณหภูมิที่ค่าต่างๆ โดยผลที่ได้ เป็นดังรูปที่ 5.12 ซึ่งต่ำกว่าที่กำหนดเล็กน้อย

จากนั้นทำการวัดปริมาณน้ำมันดินในก๊าซเชื้อเพลิงก่อนและหลังชุดปฏิกรณ์ตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อคำนวณหาประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันดิน จากสูตร

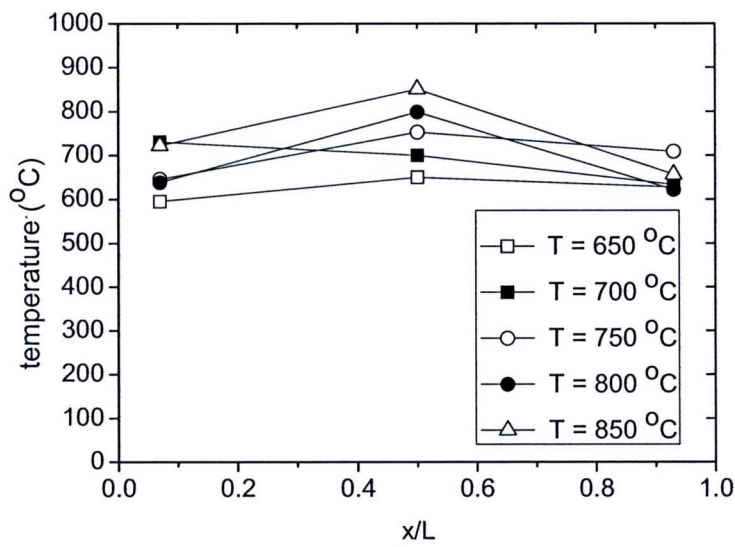
$$x = \frac{c_{in} - c_{out}}{c_{in}} \times 100\%$$

โดยที่ c_{in} และ c_{out} เป็นปริมาณน้ำมันดินในก๊าซเชื้อเพลิงก่อนและหลังชุดปฏิกรณ์ตัวเร่งปฏิกิริยาในหน่วย (mg/Nm^3)

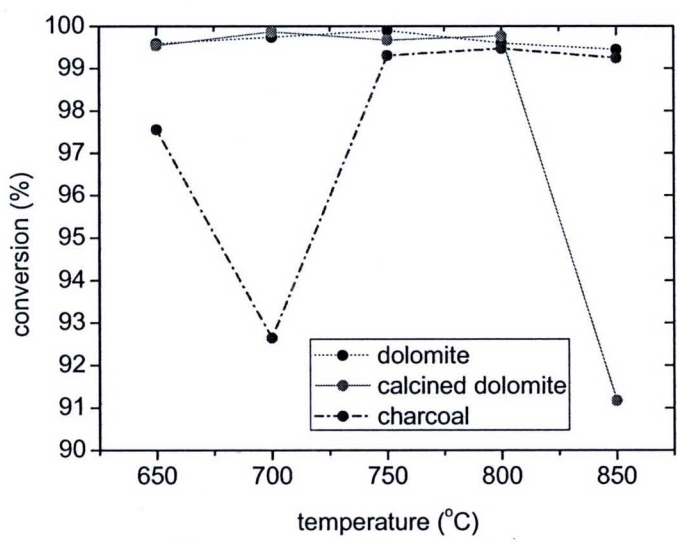
ซึ่งผลที่ได้ ดังแสดงในรูปที่ 5.13 สำหรับโดโลไมต์ แคลไซน์โดโลไมต์ และถ่านชาร์ที่อุณหภูมิต่างๆ จากการทดสอบพบว่า ค่าประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันดินทำได้ดีมีค่าสูง มากกว่า 90 % โดย

ปริมาณน้ำมันดินในก๊าซเชื้อเพลิงหลังจากผ่านตัวเร่งปฏิกิริยามาแล้วมีค่าน้อยกว่า 35 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดังรูปที่ 5.14 ซึ่งสะอาดเพียงพอต่อการนำไปใช้กับเครื่องยนต์ได้

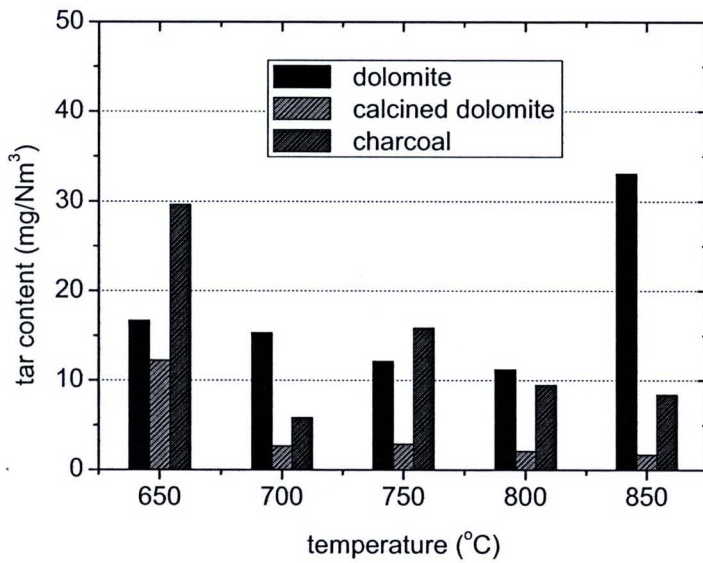
นอกจากนี้ ยังได้นำตัวอย่างตัวเร่งปฏิกิริยาหลังการทดลองออกมาพิจารณา (โดโลไมต์) ซึ่งพบว่า มีเขม่าดำเกาะอยู่มากในส่วนด้านหน้าของชั้นวัสดุตัวเร่งปฏิกิริยา และลดลงในส่วนหลังของชั้นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังแสดงในรูปที่ 5.15



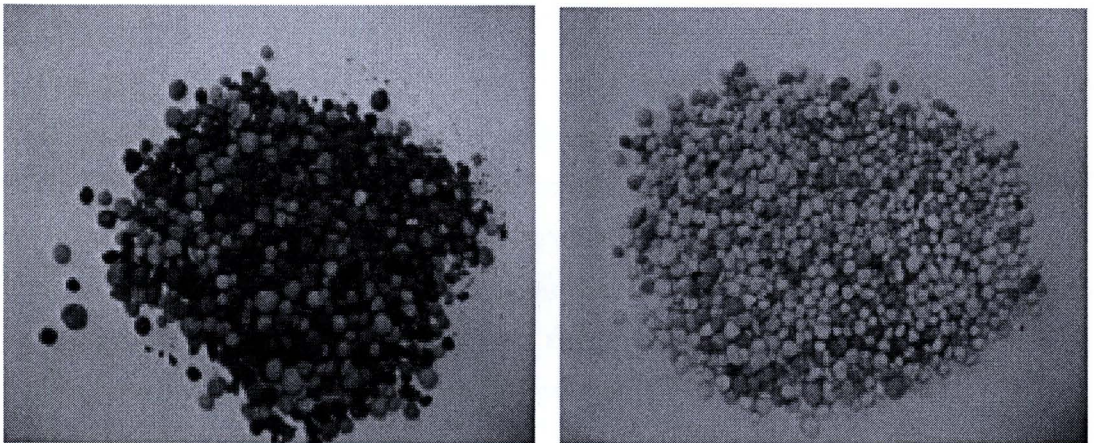
รูปที่ 5.12 การกระจายอุณหภูมิภายในชุดปฏิกรณ์ตัวเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิกำหนดต่างๆ



รูปที่ 5.13 ประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันดินในก๊าซเชื้อเพลิงด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดต่างๆ



รูปที่ 5.14 ปริมาณน้ำมันดินในก๊าซเชื้อเพลิงหลังจากผ่านตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดต่างๆมาแล้ว



รูปที่ 5.15 เม็ดตัวเร่งปฏิกิริยาที่ผ่านการใช้มาแล้ว

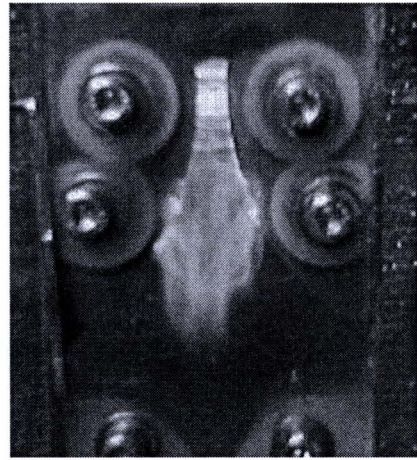
5.5 ผลการทดสอบกับพลาสมา

5.5.1 การเกิดพลาสมา

จากรูป 5.16 เป็นการเปรียบเทียบสีของพลาสมาที่เกิดจาก อากาศ และแก๊สไนโตรเจนแสดงให้เห็นว่า พลาสมาที่เกิดจากแก๊สไนโตรเจนอย่างเดียวมีสีชมพูเข้มกว่าสีของอากาศ เพราะอากาศมีแก๊สตัวอื่นปนอยู่ด้วยทำให้สีที่เกิดจากแก๊สไนโตรเจน ที่มีอยู่ในอากาศจางกว่าแก๊สไนโตรเจน ซึ่งสีของพลาสมาที่เกิดขึ้นขึ้นอยู่กับชนิดของแก๊สที่นำมาผ่านเตาพลาสมา



(ก)

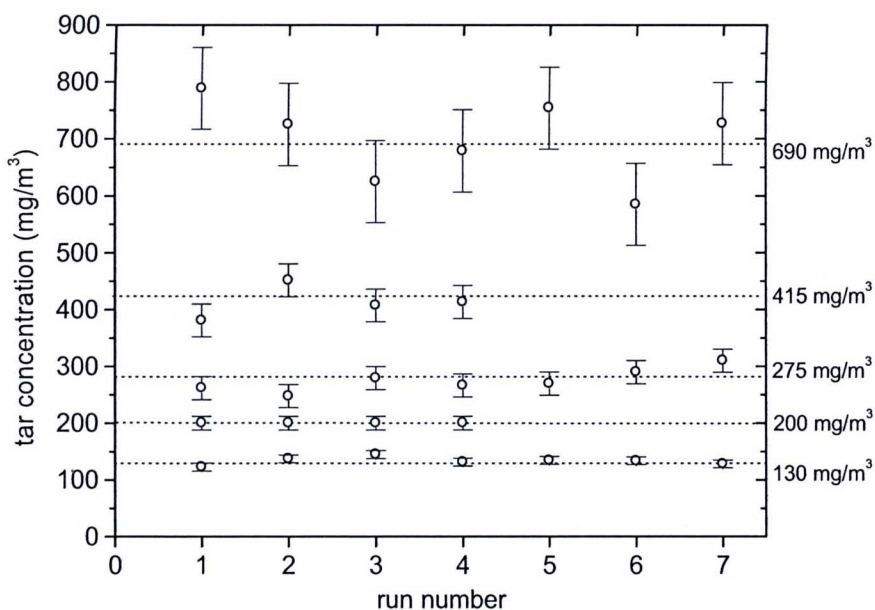


(ข)

รูปที่ 5.16 การเปรียบเทียบสีของพลาสติกที่เกิดขึ้น (ก) อากาศ (ข) ไนโตรเจน

5.5.2 ค่าความเข้มข้นจากเครื่องจ่ายน้ำมันดินเบา

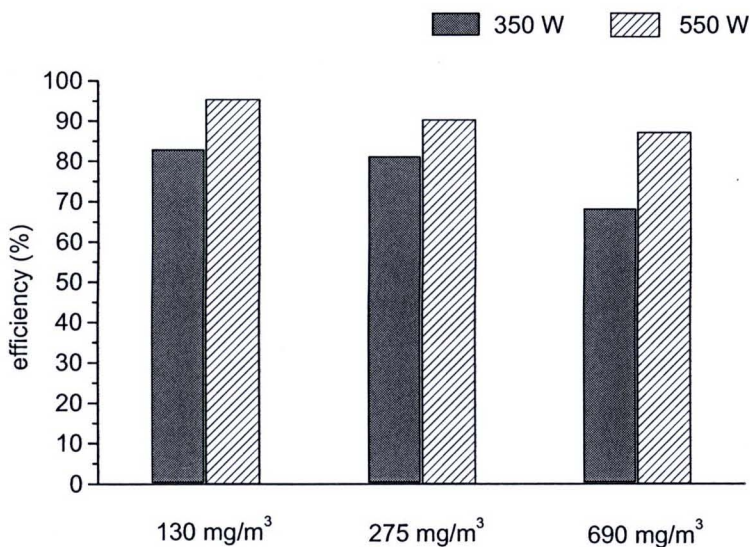
ค่าความเข้มข้นก่อนเข้าเตาพลาสติกมาจากการทดสอบเครื่องจ่ายน้ำมันดินเบาที่อัตราการไหลของไนโตรเจนระหว่าง 5 - 15 L/min และอุณหภูมิของอ่างน้ำร้อนระหว่าง 30 - 70 °C ใช้เวลาในการทดลอง 30 นาที เนื่องจากที่เวลา 30 นาที ค่าน้ำหนักลูกเหม็นที่ลดลงเริ่มต้นจากการไหลผ่านของแก๊สไนโตรเจน ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยก่อนเข้าเตาพลาสติกมาแสดงในรูปที่ 5.17 อยู่ในช่วง 130, 200, 275, 415, และ 690 mg/m³ ที่ความเข้มข้นต่ำจะมีค่าการแกว่งของค่าน้อยและมากขึ้นที่ความเข้มข้นสูงขึ้น พบว่าเมื่ออุณหภูมิอ่างน้ำร้อนคงที่เท่ากัน แต่มีการเปลี่ยนอัตราการไหลของไนโตรเจน ค่าความเข้มข้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลง ดังความสัมพันธ์คือ ค่าอัตราการไหลมากขึ้น ค่าความเข้มข้นจะเพิ่มขึ้น เพราะมวลของแก๊สไนโตรเจนที่ไหลผ่านตัวลูกเหม็นมากขึ้น จึงส่งผลให้เกิดการพามวลของลูกเหม็นมากขึ้น อุณหภูมิอ่างน้ำร้อนสูงใกล้เคียงกับจุดหลอมเหลวของลูกเหม็น ทำให้เกิดการระเหิดของลูกเหม็นในปริมาณมากกว่าที่สภาวะอื่น ส่งผลให้ค่าความเข้มข้นก่อนเข้าเตาพลาสติกมาสูงตามไปด้วย



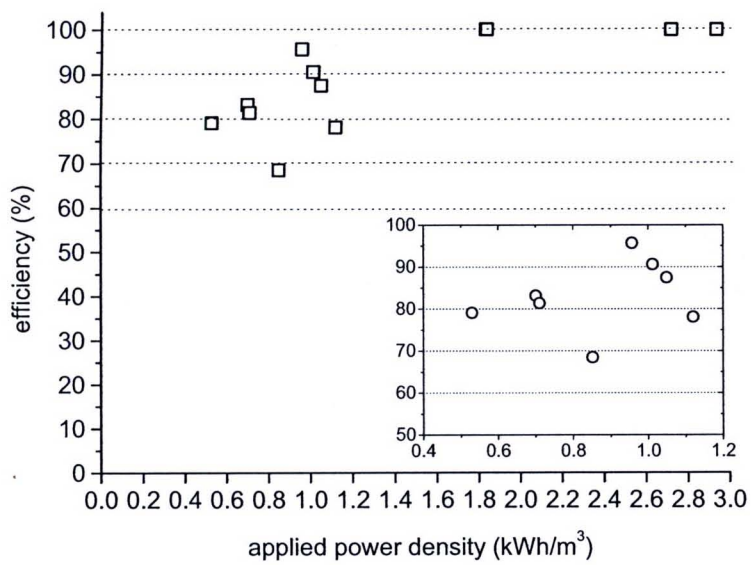
รูปที่ 5.17 ความเข้มข้นของน้ำมันดินเบาจากเครื่องจ่าย

5.5.3 การทำลายน้ำมันดิน

จากนั้นนำแก๊สที่มีน้ำมันดินที่ความเข้มข้นต่างๆ ไปผ่านชุดพลาสมา โดยวัดหาความเข้มข้นก่อนและหลังการการผ่านเตา แล้วทำการเปรียบเทียบปริมาณที่ลดลงระหว่างค่าเริ่มต้น กับค่าหลังทดสอบ จะได้ค่าประสิทธิภาพการทำลายน้ำมันดินเบาของชุดพลาสมาออกมาดังแสดงในรูปที่ 5.18



รูปที่ 5.18 ประสิทธิภาพการทำลายน้ำมันดินเบาด้วยพลาสมาที่ความเข้มข้นต่างๆ



รูปที่ 5.19 ความเข้มข้นของน้ำมันดินเบาจากเครื่องจ่าย

รูปที่ 5.19 แสดงถึงประสิทธิภาพการทำลายกับค่าความหนาแน่นของพลังงานที่จ่ายออกไป พบว่าที่ค่าระหว่าง 0.5 – 1.1 kWh/m³ จะให้ประสิทธิภาพการทำลายราวๆ 80% หรือมากกว่า ที่การใช้อำลังสูงขึ้นก็สามารถทำลายน้ำมันดินได้ที่ประสิทธิภาพสูงขึ้น