

บทที่ 4

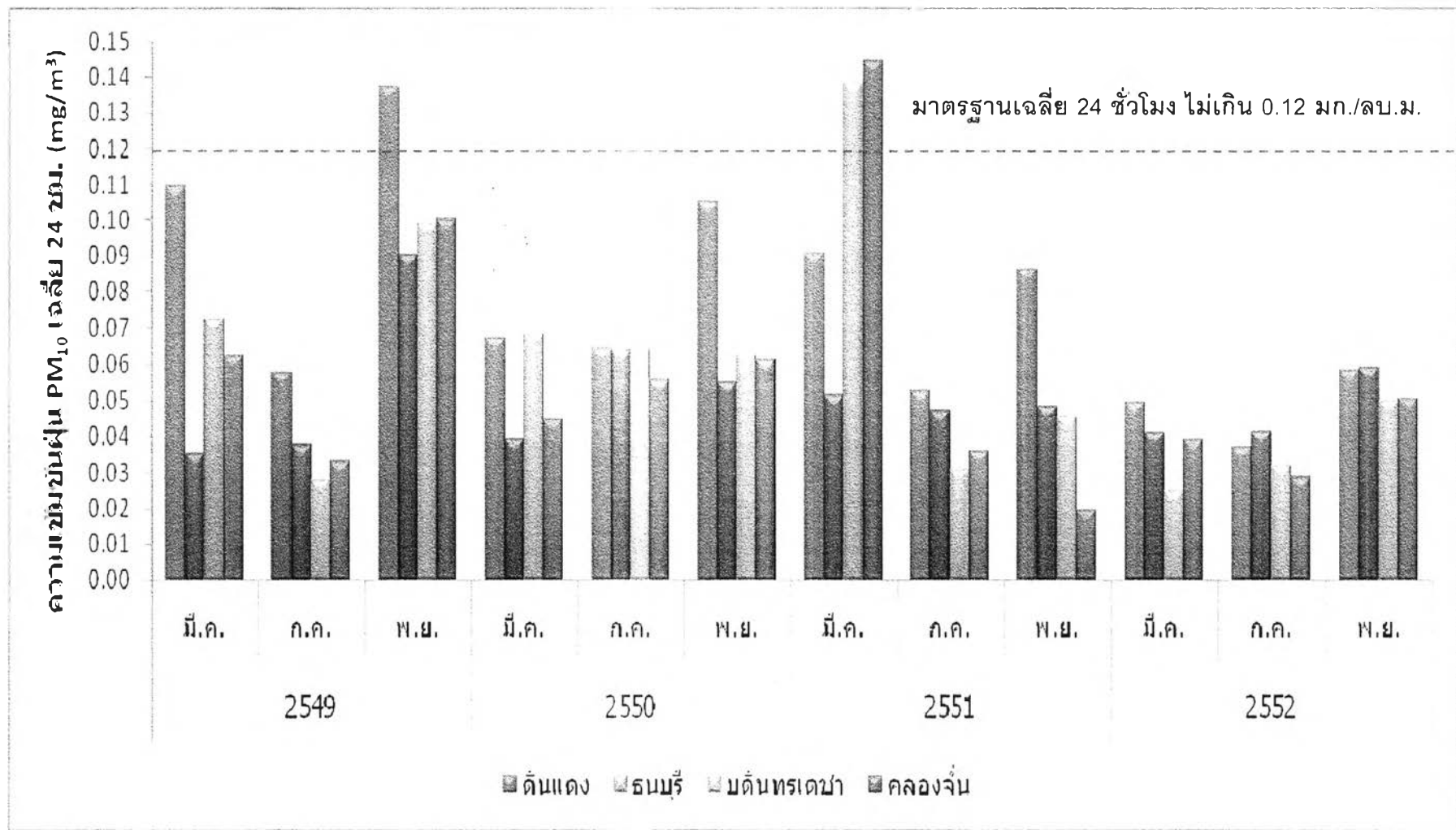
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) บริเวณสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ทำการเก็บตัวอย่าง

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละออง PM₁₀ พบว่าความเข้มข้นฝุ่น PM₁₀ ทั้งหมดในตัวอย่างแต่ละสถานี มีค่าระหว่าง 0.019-0.145 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และทำการเปรียบเทียบความเข้มข้นฝุ่น PM₁₀ โดยการใช้สถิติวิเคราะห์ Independent samples T-test พบว่าสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศริมถนน ที่สถานีการเคหะชุมชนดินแดง มีค่าความเข้มข้นฝุ่น PM₁₀ สูงกว่าที่สถานีการไฟฟ้าอ้อยธนบุรีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$ โดยมีค่าความเข้มข้นฝุ่น PM₁₀ เฉลี่ย 24 ชั่วโมง อยู่ในช่วง 0.037-0.137 และ 0.035-0.090 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบริเวณชุมชน สถานีโรงเรียนบดินทรเดชาและสถานีการเคหะชุมชนคลองจั่น ความเข้มข้นฝุ่น PM₁₀ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$ (ภาคผนวก จ1) โดยมีค่าความเข้มข้นฝุ่น PM₁₀ เฉลี่ย 24 ชั่วโมง อยู่ในช่วง 0.025-0.138 และ 0.019-0.145 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.1 จากผลการตรวจวัดพบว่าในบางตัวอย่างค่าความเข้มข้นฝุ่น PM₁₀ เฉลี่ย 24 ชั่วโมง มีค่าสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ว่าต้องมีค่าไม่เกิน 0.12 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2549) ดังแสดงในภาพที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ความเข้มข้นฝุ่น PM₁₀ จากสถานีต่างๆ

สถานีเก็บตัวอย่าง		ความเข้มข้นของฝุ่น PM ₁₀ (mg/m ³)			
		AVER	STDEV	MIN	MAX
สถานีริมถนน	สถานีการเคหะชุมชนดินแดง	0.076	0.030	0.037	0.137
	สถานีการไฟฟ้าอ้อยธนบุรี	0.051	0.015	0.035	0.090
สถานีเขตชุมชน	สถานีโรงเรียนบดินทรเดชา	0.060	0.033	0.025	0.138
	สถานีการเคหะชุมชนคลองจั่น	0.056	0.035	0.019	0.145



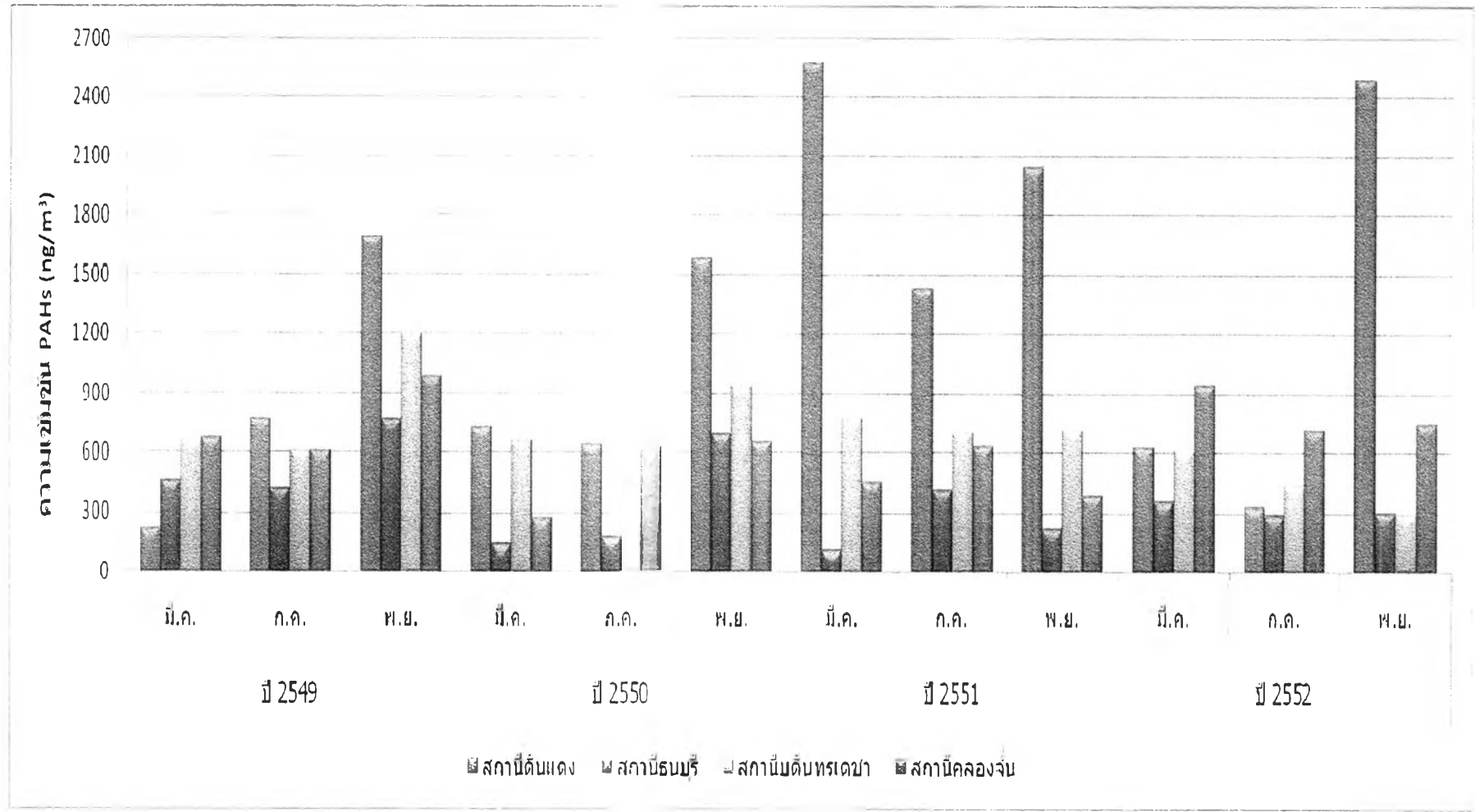
ภาพที่ 4.1 ความเข้มข้นฝุ่นละออง PM₁₀ เฉลี่ย 24 ชม. (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

4.2 การวิเคราะห์สารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนจากสารสกัดตัวอย่างฝุ่นละออง

ทำการวิเคราะห์สารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนจากสารสกัดฝุ่นละออง โดยใช้เทคนิคโครมาโตกราฟีชนิดของเหลวสมรรถนะสูง(High Performance Liquid Chromatography, HPLC) ทำการวิเคราะห์สารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน 16 ชนิด ได้แก่ Naphthalene, Acenaphthylene, Acenaphthene, Fluorene, Phenanthrene, Anthracene, Fluoranthene, Pyrene, Benzo(a)anthracene, Chrysene, Benzo(b)fluoranthene, Benzo(k)fluoranthene, Benzo(a)pyrene, Indeno(1,2,3-cd)pyrene, Dibenz(a,h)anthracene และ Benzo(g,h,i)perylene มีผลดังต่อไปนี้

4.2.1 ความเข้มข้นรวมของสารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน

ผลการตรวจวัดความเข้มข้น PAHs พบว่าปริมาณ PAHs ทั้งหมดในตัวอย่างฝุ่นละอองแต่ละสถานี มีค่าในช่วง 111.5-2569.5 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดังแสดงในภาพที่ 4.2 และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มข้น PAHs โดยการใช้สถิติวิเคราะห์ Independent samples T-test เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบริเวณริมถนนและบริเวณชุมชน พบว่าสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศริมเส้นทางจราจร ที่สถานีดินแดงและสถานีการไฟฟ้าอ้อยธนบุรี มีค่า PAHs เฉลี่ย 1259.7 ± 820.0 และ 363.6 ± 207.1 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$ และสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในเขตชุมชน ที่สถานีโรงเรียนบดินทรเดชา และสถานีการเคหะชุมชนคลองจั่น มีค่า PAHs เฉลี่ย 684.0 ± 227.8 และ 642.3 ± 204.2 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$ (ภาคผนวก จ2) ดังแสดงในตารางที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 ความเข้มข้นของ PAHs ทั้งหมดในฝุ่นละออง PM₁₀ (นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

ตารางที่ 4.2 ความเข้มข้นของ PAHs จากสถานีต่างๆ

สถานีเก็บตัวอย่าง		ความเข้มข้นของ PAHs ในฝุ่น PM ₁₀ (ng/m ³)			
		AVER	STDEV	MIN	MAX
สถานีริมถนน	สถานีการเคหะชุมชนดินแดง	1259.7	820.0	220.0	2569.5
	สถานีการไฟฟ้าอยุธยาธนบุรี	363.6	207.1	111.5	771.1
สถานีเขตชุมชน	สถานีโรงเรียนบดินทรเดชา	684.0	227.8	297.9	1201.0
	สถานีการเคหะชุมชนคลองจั่น	642.3	204.2	278.2	983.6

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละสถานีจะเห็นว่า ที่สถานีการเคหะชุมชนดินแดงมีปริมาณความเข้มข้น PAHs เฉลี่ยมากที่สุด เนื่องจากบริเวณจุดเก็บตัวอย่างสถานีการเคหะชุมชนดินแดงอยู่ริมถนนบริเวณใจกลางกรุงเทพมหานครที่มีการจราจรหนาแน่นตลอดทั้งวัน ทำให้บริเวณนี้มีปริมาณของสาร PAHs ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเครื่องยนต์สูงกว่าบริเวณอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhou และคณะ (2005) ที่ทำการศึกษากการกระจายตัวของสารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในเขตเมืองและเขตชุมชน ที่เมืองปักกิ่ง ประเทศจีน พบว่าบริเวณริมเส้นทางจราจรหรือในเขตเมืองที่มีปริมาณของฝุ่นละอองเยอะจะมีความเข้มข้น PAHs สูง ส่วนที่สถานีการไฟฟ้าอยุธยาธนบุรีมีความเข้มข้น PAHs เฉลี่ยน้อยที่สุด ทั้งที่เป็นจุดเก็บตัวอย่างบริเวณริมถนน อาจเนื่องจากบริเวณสถานีการไฟฟ้าอยุธยาธนบุรี ตั้งอยู่ฝั่งธนบุรี ซึ่งถือว่าเป็นเขตชานเมือง การจราจรหนาแน่นในช่วงเวลาเร่งด่วนในตอนเช้าและตอนเย็น แต่ไม่ได้หนาแน่นตลอดทั้งวัน จึงทำให้มีปริมาณ PAHs น้อย และที่สถานีโรงเรียนบดินทรเดชาและที่สถานีการเคหะชุมชนคลองจั่น ซึ่งเป็นสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเขตชุมชน ปริมาณ PAHs เฉลี่ยไม่แตกต่างกันมากนัก สถานีโรงเรียนบดินทรเดชา ตั้งอยู่ในเขตโรงเรียน ปริมาณ PAHs ที่พบส่วนใหญ่น่าจะมาจากช่วงเวลาตอนเช้าและตอนเย็นที่มีรถของผู้ปกครองมาส่งบุตรหลานที่โรงเรียน และที่สถานีการเคหะชุมชนคลองจั่น จุดที่ตั้งสถานีอยู่บริเวณห้องสมุดของเขตบางกะปิ ซึ่งมีระยะห่างจากถนนนวมินทร์ประมาณ 150 เมตร ปริมาณ PAHs ที่พบน่าจะเกิดผลมาจากการจราจรบนถนนนวมินทร์เป็นหลัก

4.2.2 ความเข้มข้นของสารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่จัดเป็นสารก่อการกลายพันธุ์

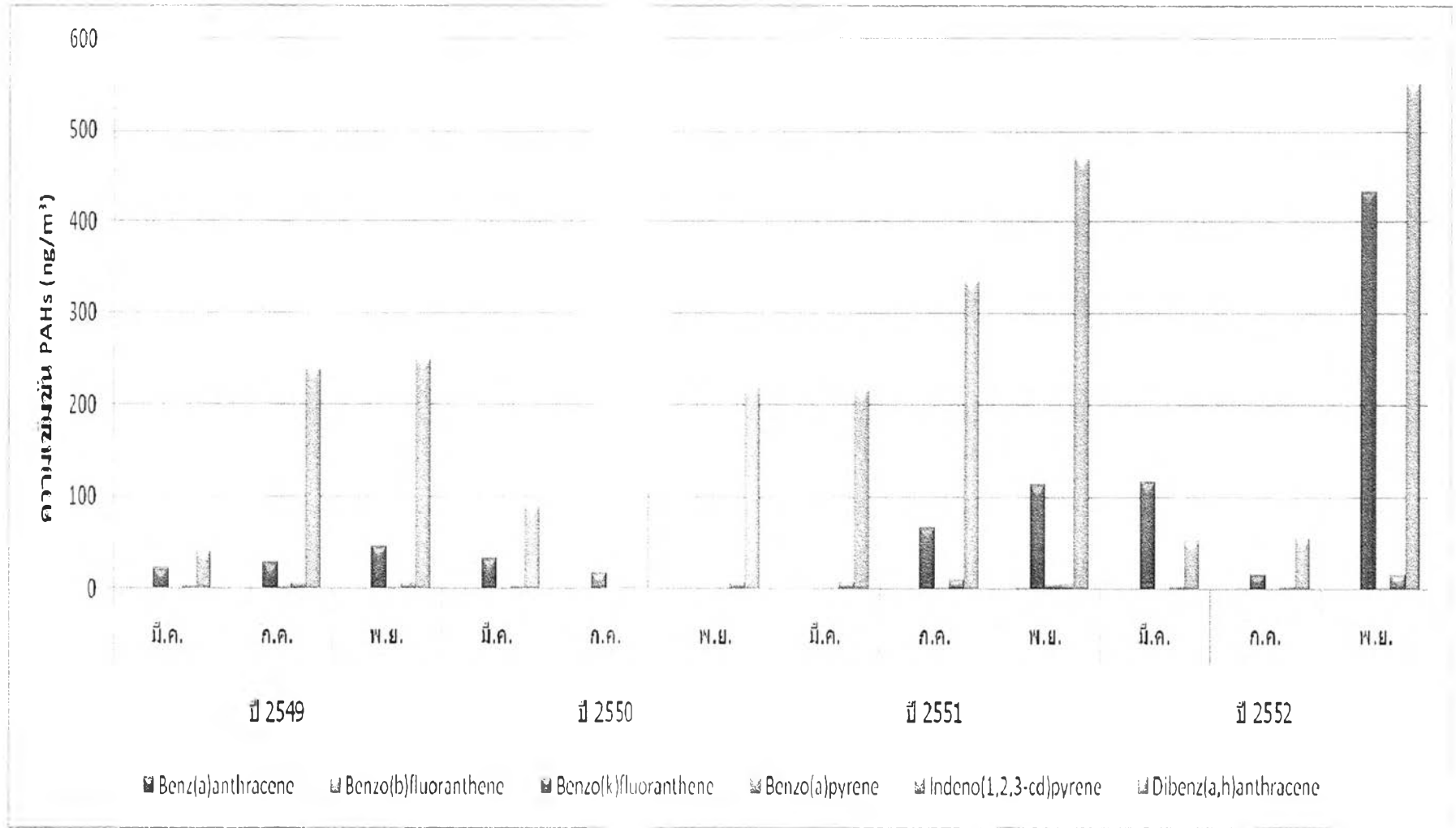
จากผลการวิเคราะห์สารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนทั้งหมด 16 ชนิด มีเพียงบางชนิดที่ได้รับการจัดประเภทจากหน่วยงาน IARC (1983) และ Agency for Toxic Substances and Disease Registry (1995) ว่าเป็นสารที่มีความสามารถในการก่อมะเร็งและก่อการกลายพันธุ์ทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ Benzo(a)anthracene, Benzo(b)fluoranthene, Benzo(k)fluoranthene, Benzo(a)pyrene, Indeno(1,2,3-cd)pyrene และ Dibenzo(a,h)anthracene โดยมีระดับความรุนแรงที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ระดับความรุนแรงของสาร PAHs ที่จัดเป็นสารก่อการกลายพันธุ์

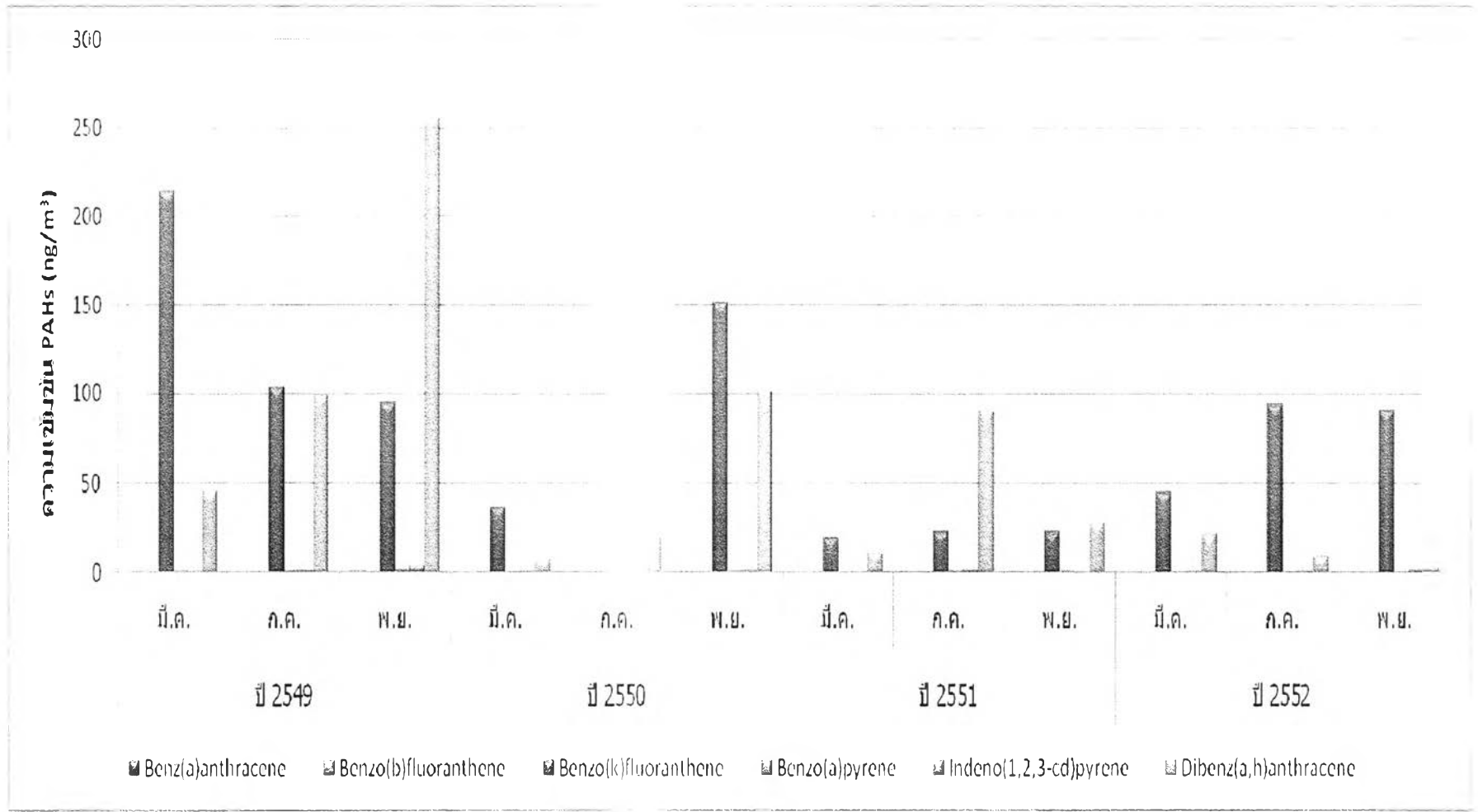
Compound	Level of Mutagen
Benzo(a)anthracene	strong mutagen
Benzo(b)fluoranthene	weak mutagen
Benzo(k)fluoranthene	weak mutagen
Benzo(a)pyrene	strong mutagen
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	mutagen
Dibenzo(a,h)anthracene	mutagen

โดยที่สถานีการเคหะชุมชนดินแดง พบสาร PAHs ที่มีความสามารถในการก่อการกลายพันธุ์มีความเข้มข้นเฉลี่ยสูง ได้แก่ Dibenzo(a,h)anthracene และ Benzo(k)fluoranthene (219.9 และ 89.6 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ) ดังแสดงในภาพที่ 4.3 สถานีการไฟฟ้าย่อยธนบุรี สาร PAHs ที่มีความสามารถในการก่อการกลายพันธุ์มีความเข้มข้นเฉลี่ยสูง ได้แก่ Benzo(k)fluoranthene และ Dibenzo(a,h)anthracene (81.4 และ 58.3 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ) ดังแสดงในภาพที่ 4.4 สถานีโรงเรียนบดินทรเดชา สาร PAHs ที่มีความสามารถในการก่อการกลายพันธุ์ที่มีความเข้มข้นเฉลี่ยสูง ได้แก่ Benzo(k)fluoranthene

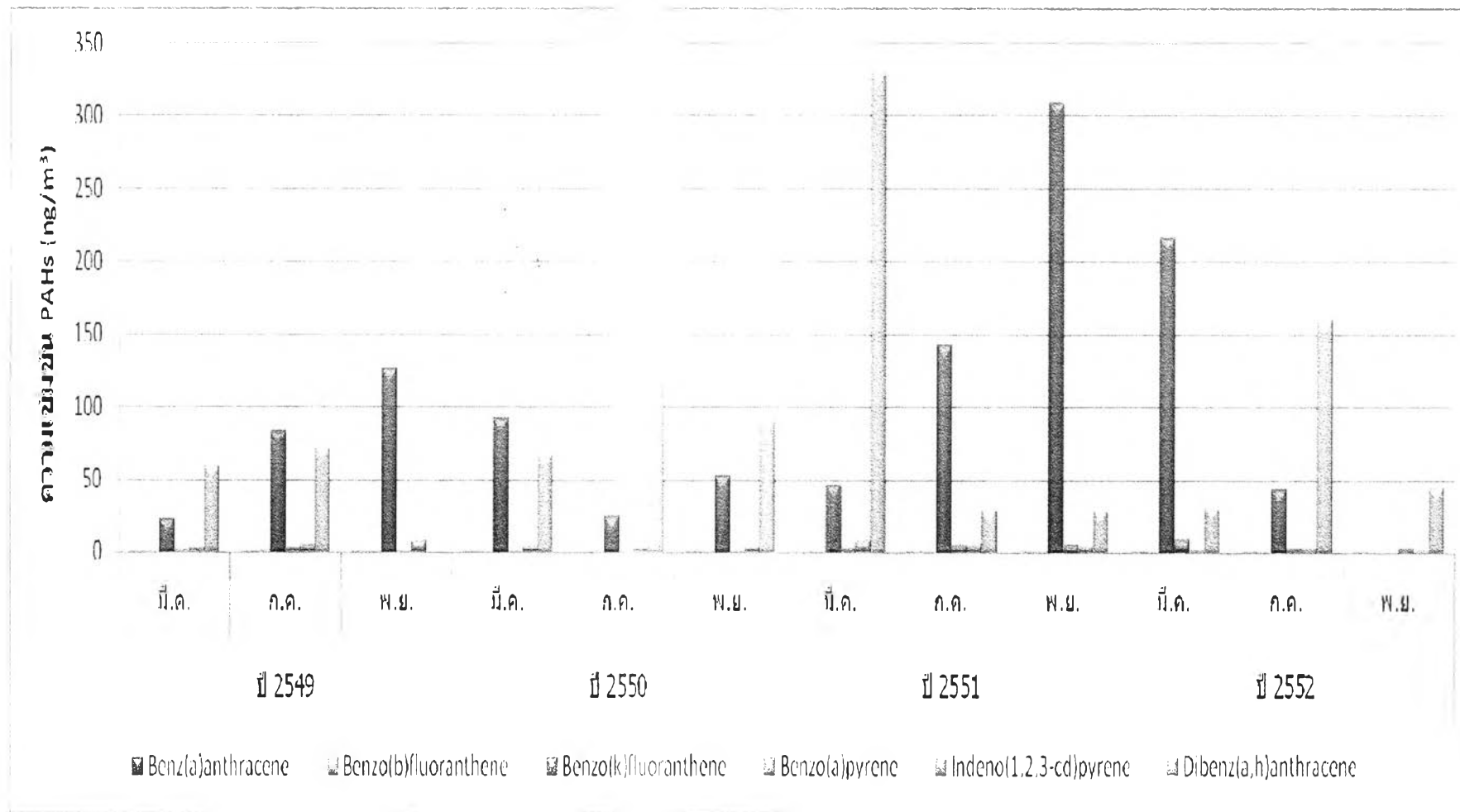
และ Dibenzo(a,h)anthracene (104.7 และ 93.9 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ) ดังแสดงในภาพที่ 4.5 และสถานีการเคหะชุมชนคลองจั่น พบว่าสาร PAHs ที่มีความสามารถในการก่อการกลายพันธุ์ที่มีความเข้มข้นเฉลี่ยสูง ได้แก่ Dibenzo(a,h)anthracene และ Benzo(k)fluoranthene (96.3 และ 77.3 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ) ดังแสดงในภาพที่ 4.6 จะเห็นได้ว่าสาร PAHs ที่พบในปริมาณสูงในแต่ละสถานีนั้น เป็นสาร PAHs ชนิดที่มีความสามารถในการก่อการกลายพันธุ์ที่ไม่รุนแรง ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ทำการทดสอบการก่อการกลายพันธุ์ของสารสกัดฝุ่นละอองด้วยวิธี Ames test ที่พบว่าเมื่อทดสอบกับเชื้อ *Salmonella typhimurium* ทั้งสายพันธุ์ TA98, TA100, DMST2069 และ ATCC13311 ค่าดัชนีการก่อการกลายพันธุ์น้อยกว่า 2 ซึ่งถือว่าสารสกัด PAHs ไม่มีฤทธิ์ในการก่อการกลายพันธุ์



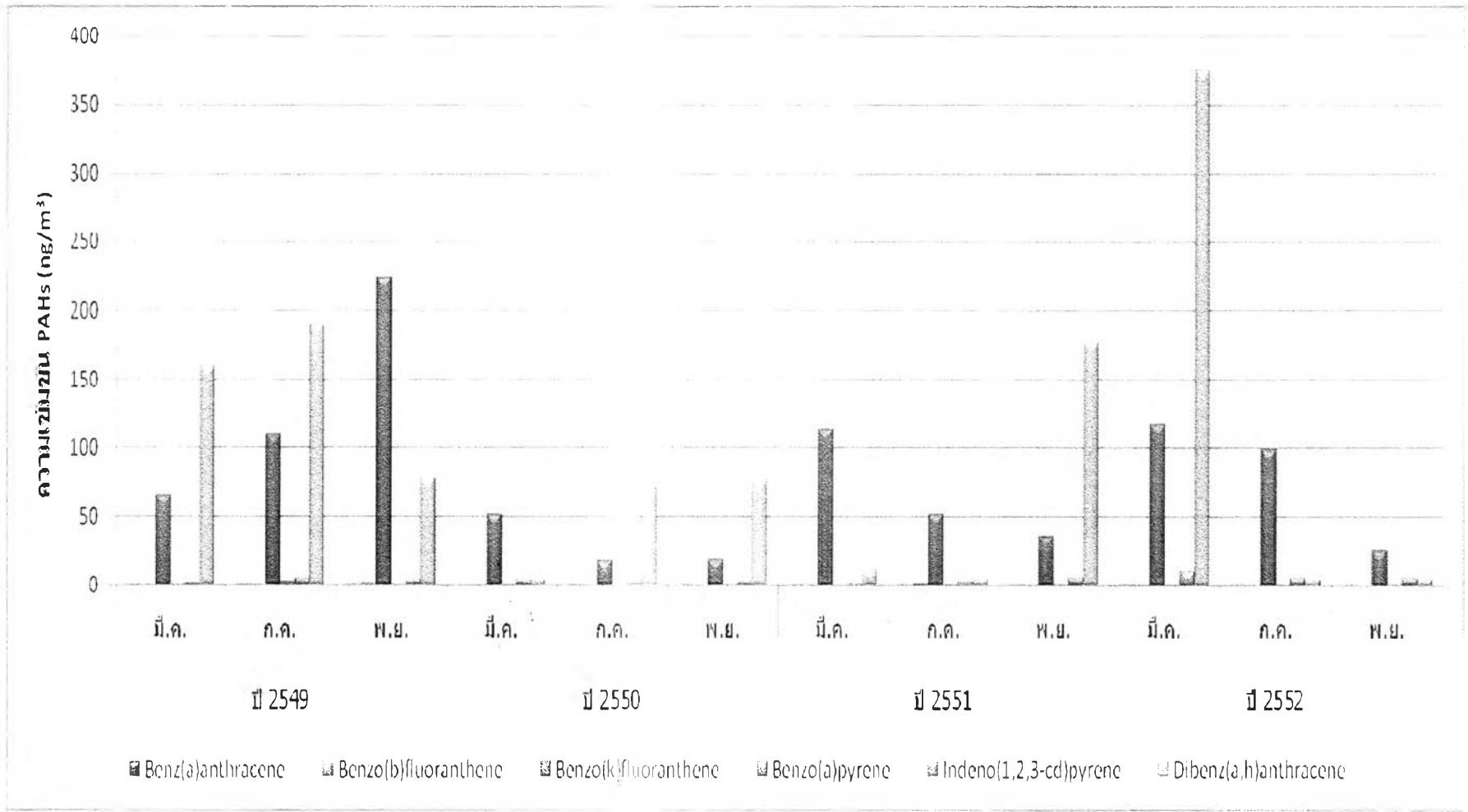
ภาพที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงชนิดของสารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่จัดเป็นสารก่อการกลายพันธุ์ ที่สถานีการเคหะชุมชนดินแดง



ภาพที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงชนิดของสารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่จัดเป็นสารก่อการกลายพันธุ์ ที่สถานีการไฟฟ้าอ้อยธนบุรี



ภาพที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงชนิดของสารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่จัดเป็นสารก่อการกลายพันธุ์ ที่สถานีโรงเรียนบดินทรเดชา



ภาพที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงชนิดของสารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่จัดเป็นสารก่อการกลายพันธุ์ ที่สถานีการเคหะชุมชนคลองจั่น




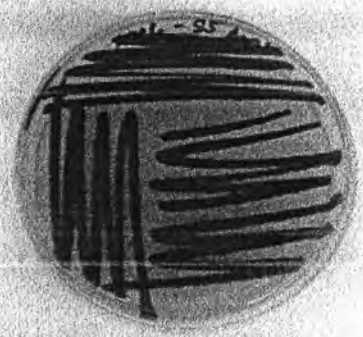
4.3 การทดสอบความสามารถในการก่อการกลายพันธุ์ของสารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนจากสารสกัดตัวอย่างฝุ่นละอองโดยวิธี Ames test

ในการทดสอบความสามารถในการก่อการกลายพันธุ์โดยวิธี Ames test จะเป็นการทดสอบในแบคทีเรีย *Salmonella typhimurium* สายพันธุ์ TA98, TA100, DMST2069 และ ATCC13311 ซึ่งก่อนที่จะนำเชื้อไปทดสอบ Ames test กับสารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่ได้จากการสกัดตัวอย่างฝุ่นละอองนั้น จะต้องมีการเตรียมเชื้อที่จะให้ทดสอบโดยทำการตรวจสอบเชื้อเบื้องต้นและทดสอบคุณสมบัติของเชื้อ มีผลดังต่อไปนี้

4.3.1 การตรวจสอบคุณสมบัติของเชื้อ *Salmonella typhimurium* เบื้องต้น

การตรวจสอบเชื้อแบคทีเรีย *Salmonella typhimurium* ในเบื้องต้นทำโดยวิธีการขีดเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้อ (streak plate) โดยอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ คือ *Salmonella-Shigella* agar (SS agar) ซึ่งเป็นอาหารคัดแยกเฉพาะ (Selective media) ที่ใช้คัดแยกเชื้อแบคทีเรีย *Salmonella* sp. และ *Shigella* sp. จากนั้นนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ทำการลงเชื้อไปบ่มในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง โคโลนีของเชื้อ *Salmonella typhimurium* สายพันธุ์ TA98, TA100, DMST2069 และ ATCC13311 จะมีลักษณะเป็นเมือกและมีสีดำ ซึ่งเกิดจากการสร้างไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) (Collin College, 2012) ดังแสดงในตารางที่ 4.4

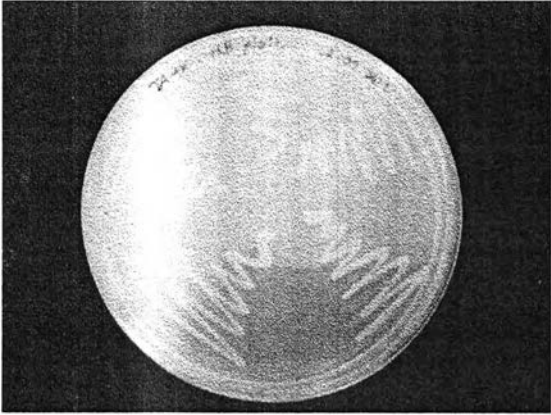
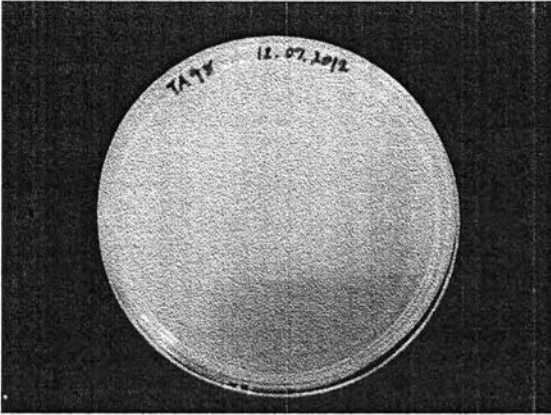
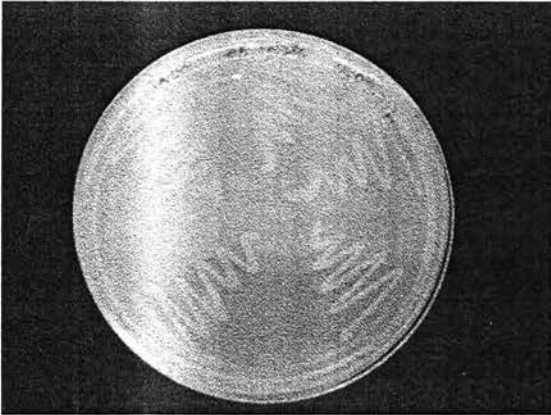
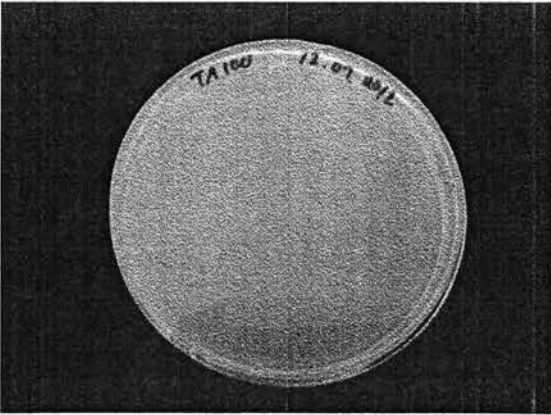
ตารางที่ 4.4 ลักษณะโคโลนีของเชื้อ *Salmonella typhimurium* สายพันธุ์ต่างๆ เมื่อทดสอบบนอาหารเลี้ยงเชื้อ SS Agar

สายพันธุ์	ภาพแสดงลักษณะโคโลนี
<i>Salmonella typhimurium</i> strain TA98	
<i>Salmonella typhimurium</i> strain TA100	
<i>Salmonella typhimurium</i> strain DMST2069	
<i>Salmonella typhimurium</i> strain ATCC13311	

4.3.2 การตรวจสอบคุณสมบัติ Histidine requirement

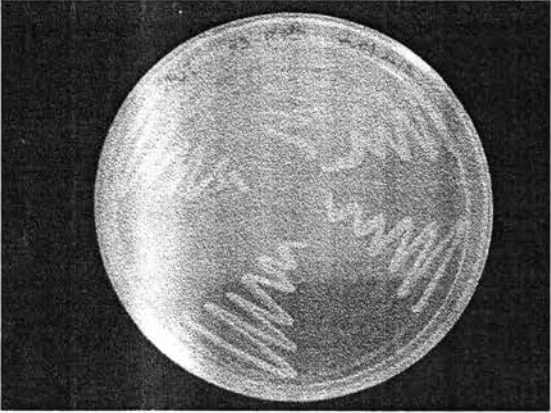
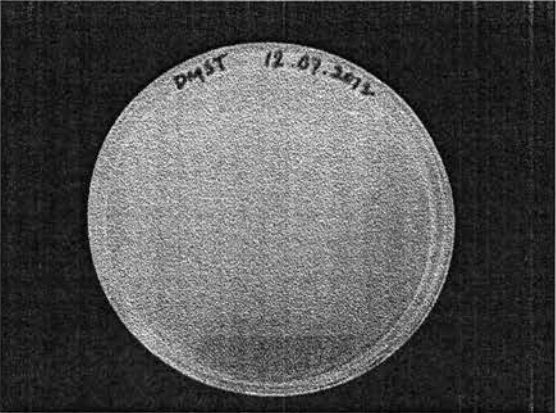
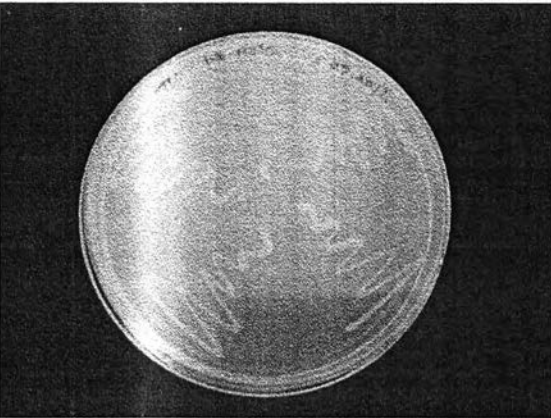
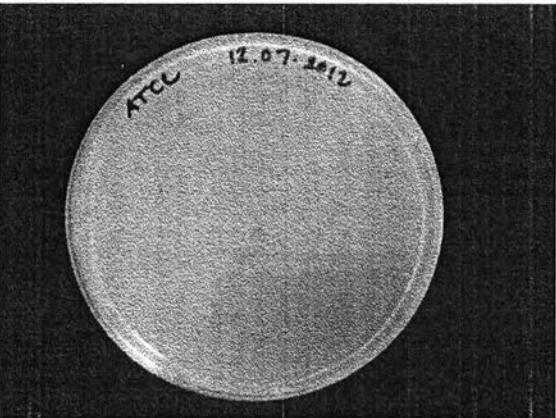
การตรวจสอบคุณสมบัติ Histidine requirement ของเชื้อแบคทีเรีย *Salmonella typhimurium* ทำโดยวิธีการเทียบเชื้อที่เป็น single colony แล้วนำมาขีดบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Histidine+ plate และ Minimal glucose agar plate จากนั้นนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ทำการลงเชื้อไปบ่มในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของเชื้อบนอาหารทั้งสองชนิด พบว่าเชื้อ *Salmonella typhimurium* สายพันธุ์ TA98, TA100, DMST2069 และ ATCC13311 มีการเจริญเติบโตบนอาหาร Histidine+ plate ซึ่งในอาหารชนิดนี้ มีการเติม Histidine ลงไป เชื้อแบคทีเรียได้ถูกทำให้กลายพันธุ์ไปจนไม่สามารถสร้าง Histidine ได้ เมื่ออยู่ในอาหารที่มี Histidine จึงสามารถเจริญเติบโตได้ ส่วนในอาหาร Minimal glucose agar plate ซึ่งไม่มี Histidine เชื้อจึงไม่เกิดการเจริญเติบโต (ชูไฮณีย์ อิงดิง, 2553) แสดงให้เห็นว่าเชื้อแบคทีเรีย *Salmonella typhimurium* ที่จะใช้ในการทดสอบยังคงมีคุณสมบัติ Histidine requirement คือต้องการ Histidine ในการเจริญเติบโต ดังแสดงในตารางที่ 4.5 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Issazadeh และ Aliabadi (2012) ที่ทำการทดสอบคุณสมบัติ Histidine requirement ของเชื้อ *Salmonella typhimurium* สายพันธุ์ TA100 ก่อนทำ Ames test พบว่าเชื้อเจริญเติบโตบน Biotin-Histidine medium และไม่พบการเจริญบน Minimal glucose agar medium ซึ่งไม่มี Histidine

ตารางที่ 4.5 การเจริญเติบโตของเชื้อ *Salmonella typhimurium* สายพันธุ์ต่างๆ เมื่อทดสอบคุณสมบัติ histidine requirement

สายพันธุ์	Histidine+ plate	Minimal glucose agar plate
<i>Salmonella typhimurium</i> strain TA98		
<i>Salmonella typhimurium</i> strain TA100		

สถานที่..... รพ. ๐๕๕๕
 เลขทะเบียน..... ๗๒๔๑
 วันที่..... ๑๑ มิ.ย. ๒๕๕๓

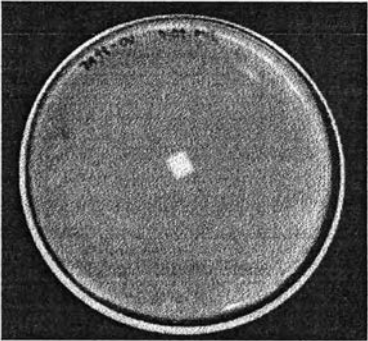
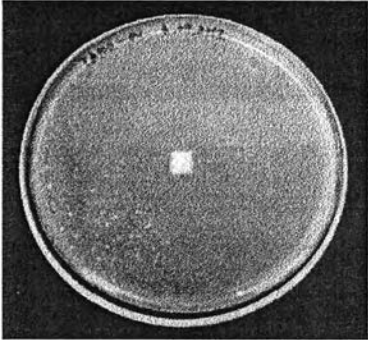
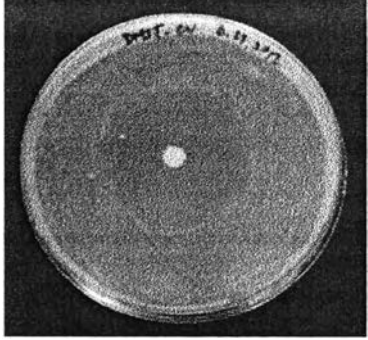
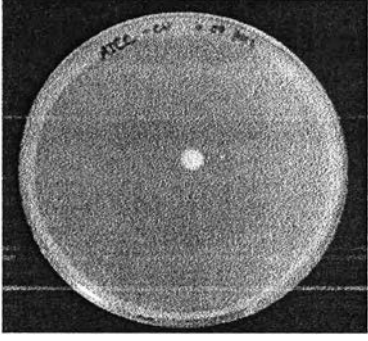
ตารางที่ 4.5 การเจริญเติบโตของเชื้อ *Salmonella typhimurium* สายพันธุ์ต่างๆ เมื่อทดสอบคุณสมบัติ histidine requirement (ต่อ)

สายพันธุ์	Histidine+ plate	Minimal glucose agar plate
<i>Salmonella typhimurium</i> strain DMST2069		
<i>Salmonella typhimurium</i> strain ATCC13311		

4.3.3 การตรวจสอบคุณสมบัติ rfa mutation

การตรวจสอบคุณสมบัติ rfa mutation ของเชื้อแบคทีเรีย *Salmonella typhimurium* ทำโดยการเติมเชื้อ overnight culture ของแบคทีเรีย 0.1 มิลลิลิตร ลงในหลอดที่ปราศจากเชื้อ และเติมสารละลาย Top agar 2 มิลลิลิตร จากนั้นเทลงบน Minimal glucose agar plate หมุนให้สารละลายกระจายสม่ำเสมอ ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที ใช้คีมคีบกระดาษกรองที่ตัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6-8 มิลลิเมตร วางลงบนอาหาร Minimal glucose agar plate ทำการหยดสารละลาย crystal violet 10 ไมโครลิตร ลงบนกระดาษกรอง จากนั้นนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อไปบ่มในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง พบว่าบริเวณรอบๆกระดาษกรองที่หยด crystal violet บนเชื้อ *Salmonella typhimurium* สายพันธุ์ TA98, TA100, DMST2069 และ ATCC13311 จะเห็นการเกิดบริเวณใส (clear zone) เนื่องจากส่วนนี้ไม่มีแบคทีเรียเจริญ แสดงว่าเชื้อแบคทีเรีย *Salmonella typhimurium* ที่จะใช้ในการทดสอบยังคงมีคุณสมบัติ rfa mutation ทำให้ความสามารถในการสร้าง lipopolysaccharide ซึ่งเคลือบอยู่บนผนังเซลล์ของแบคทีเรียลดลงหรือขาดหายไป ทำให้สารโมเลกุลใหญ่ซึ่งในที่นี้คือ crystal violet สามารถเข้าไปภายในเซลล์ได้ (ซูไฮณีย์ อิงดิง, 2553) ดังแสดงในตารางที่ 4.6 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mortelmans และ Zeiger (2000) ที่ทำการทดสอบคุณสมบัติ rfa mutation ของเชื้อ *Salmonella typhimurium* สายพันธุ์ TA98 และ TA100 ก่อนการทำ Ames test พบว่าบริเวณที่หยดด้วยสารละลาย crystal violet จะเกิดบริเวณใส (clear zone) บนเชื้อที่ทำการทดสอบ

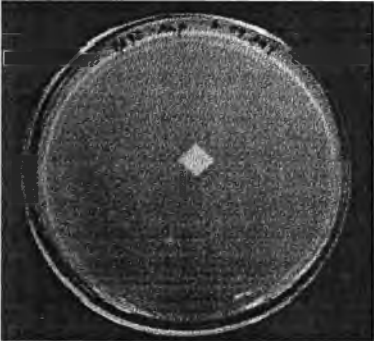
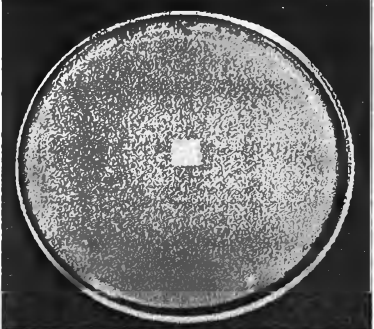
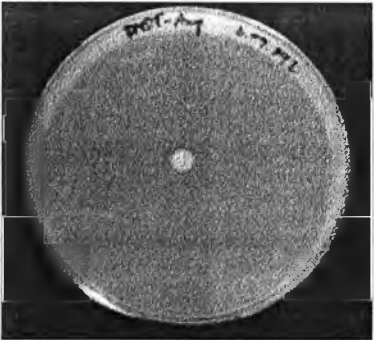
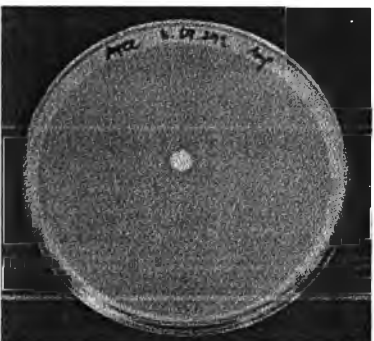
ตารางที่ 4.6 การเกิดบริเวณใสของเชื้อ *Salmonella typhimurium* สายพันธุ์ต่างๆ เมื่อทดสอบคุณสมบัติ rfa mutation

สายพันธุ์	ภาพแสดงการเกิดบริเวณใส
<i>Salmonella typhimurium</i> strain TA98	
<i>Salmonella typhimurium</i> strain TA100	
<i>Salmonella typhimurium</i> strain DMST2069	
<i>Salmonella typhimurium</i> strain ATCC13311	

4.3.4 การตรวจสอบคุณสมบัติ R-factor

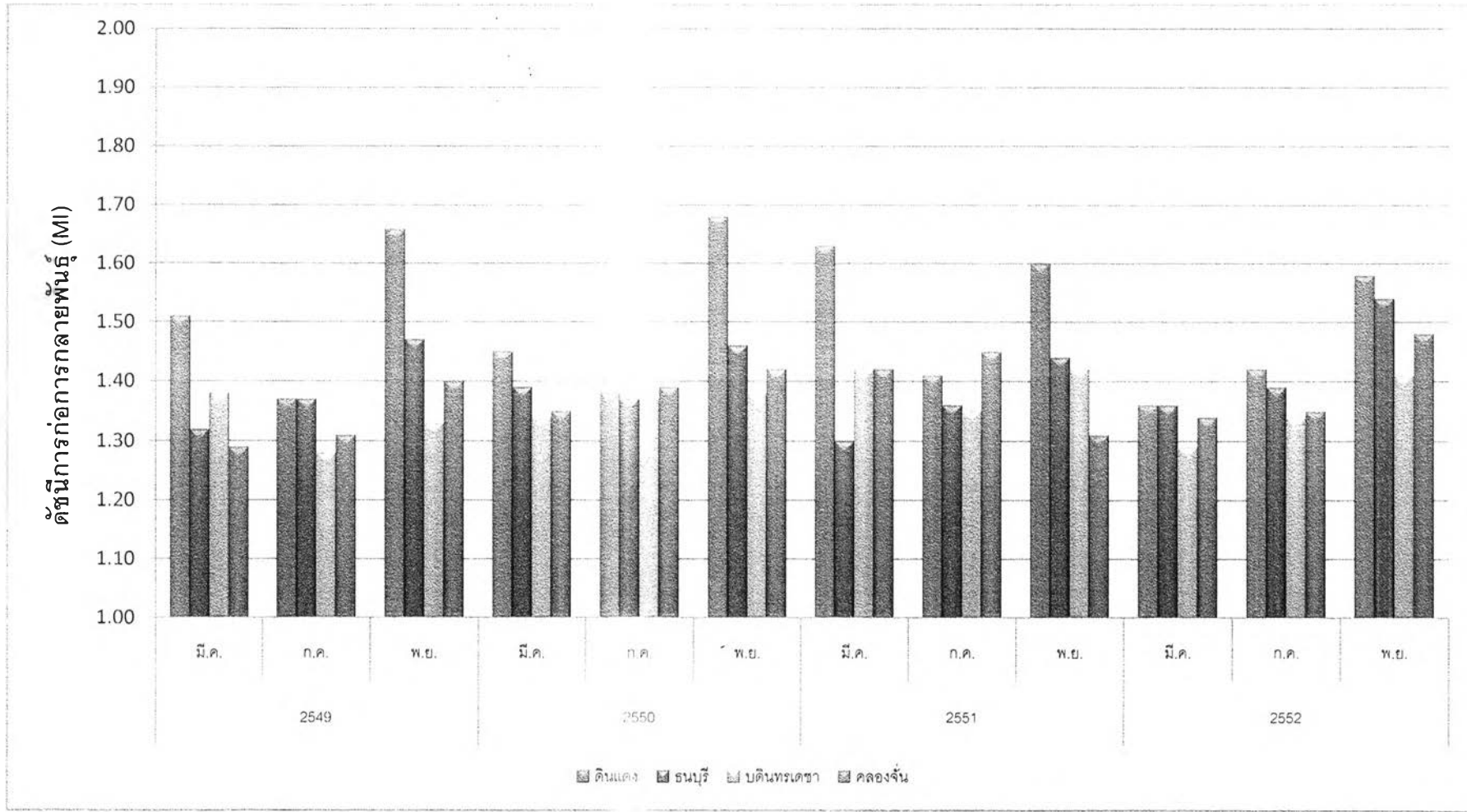
การตรวจสอบคุณสมบัติ R-factor ของเชื้อแบคทีเรีย *Salmonella typhimurium* ทำโดยการเติมเชื้อ overnight culture ของแบคทีเรีย 0.1 มิลลิลิตร ลงในหลอดที่ปราศจากเชื้อ และเติมสารละลาย Top agar 2 มิลลิลิตร จากนั้นเทลงบน Minimal glucose agar plate หมุนให้สารละลายกระจายสม่ำเสมอ ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที ใช้เข็มค้ำกระดาศกรงที่ตัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6-8 มิลลิเมตร วางลงบนอาหาร Minimal glucose agar plate ทำการหยดสารละลาย ampicillin 10 ไมโครลิตร ลงบนกระดาศกรง จากนั้นนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อไปบ่มในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง พบว่าบริเวณรอบๆกระดาศกรงที่หยดสาร ampicillin บนเชื้อ *Salmonella typhimurium* สายพันธุ์ TA98, TA100, DMST2069 และ ATCC13311 ไม่เกิดบริเวณใส (clear zone) แสดงว่าเชื้อแบคทีเรีย *Salmonella typhimurium* ที่จะใช้ในการทดสอบยังคงมีคุณสมบัติ R-factor ซึ่งมาจากการที่แบคทีเรียมีการใส่พลาสมิด pKM101 เข้าไป ทำให้เชื้อทนต่อสาร ampicillin ทำให้สารไม่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ (ซูไฮณีย์ อิงดิง, 2553) ดังแสดงในตารางที่ 4.7 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mortelmans และ Zeiger (2000) ที่ทำการทดสอบคุณสมบัติ R-factor ของเชื้อ *Salmonella typhimurium* สายพันธุ์ TA98 และ TA100 ก่อนการทำ Ames test พบว่าบริเวณที่หยดด้วยสารละลาย ampicillin จะไม่เกิดบริเวณใส (clear zone) บนเชื้อที่ทำการทดสอบ

ตารางที่ 4.7 การเจริญเติบโตของเชื้อ *Salmonella typhimurium* สายพันธุ์ต่างๆ เมื่อทดสอบคุณสมบัติ R-factor

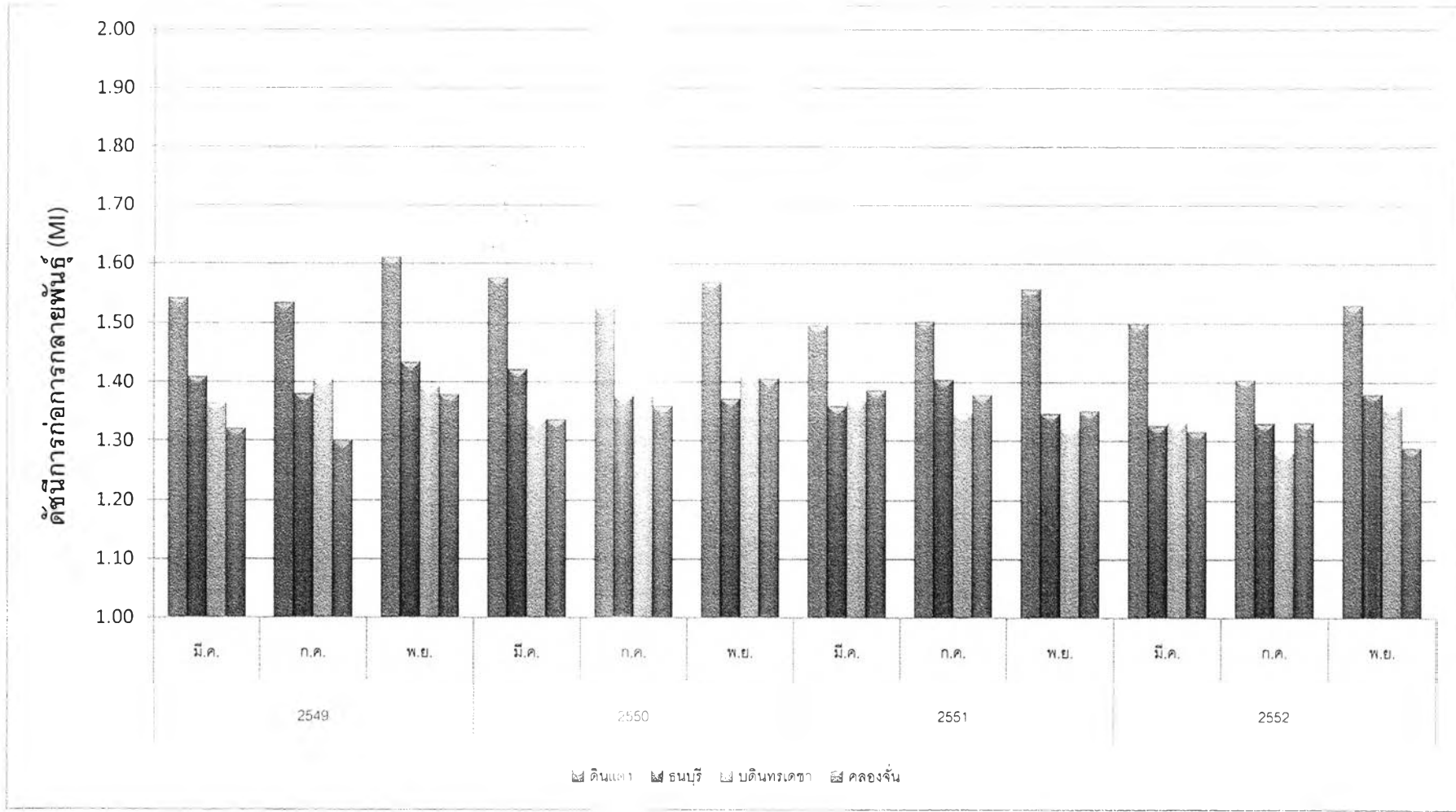
สายพันธุ์	ภาพแสดงการเจริญเติบโตของเชื้อ
<i>Salmonella typhimurium</i> strain TA98	
<i>Salmonella typhimurium</i> strain TA100	
<i>Salmonella typhimurium</i> strain DMST2069	
<i>Salmonella typhimurium</i> strain ATCC13311	

4.3.5 การทดสอบการก่อการกลายพันธุ์ของสารสกัดฝุ่นละออง PM₁₀ โดยวิธี Ames test

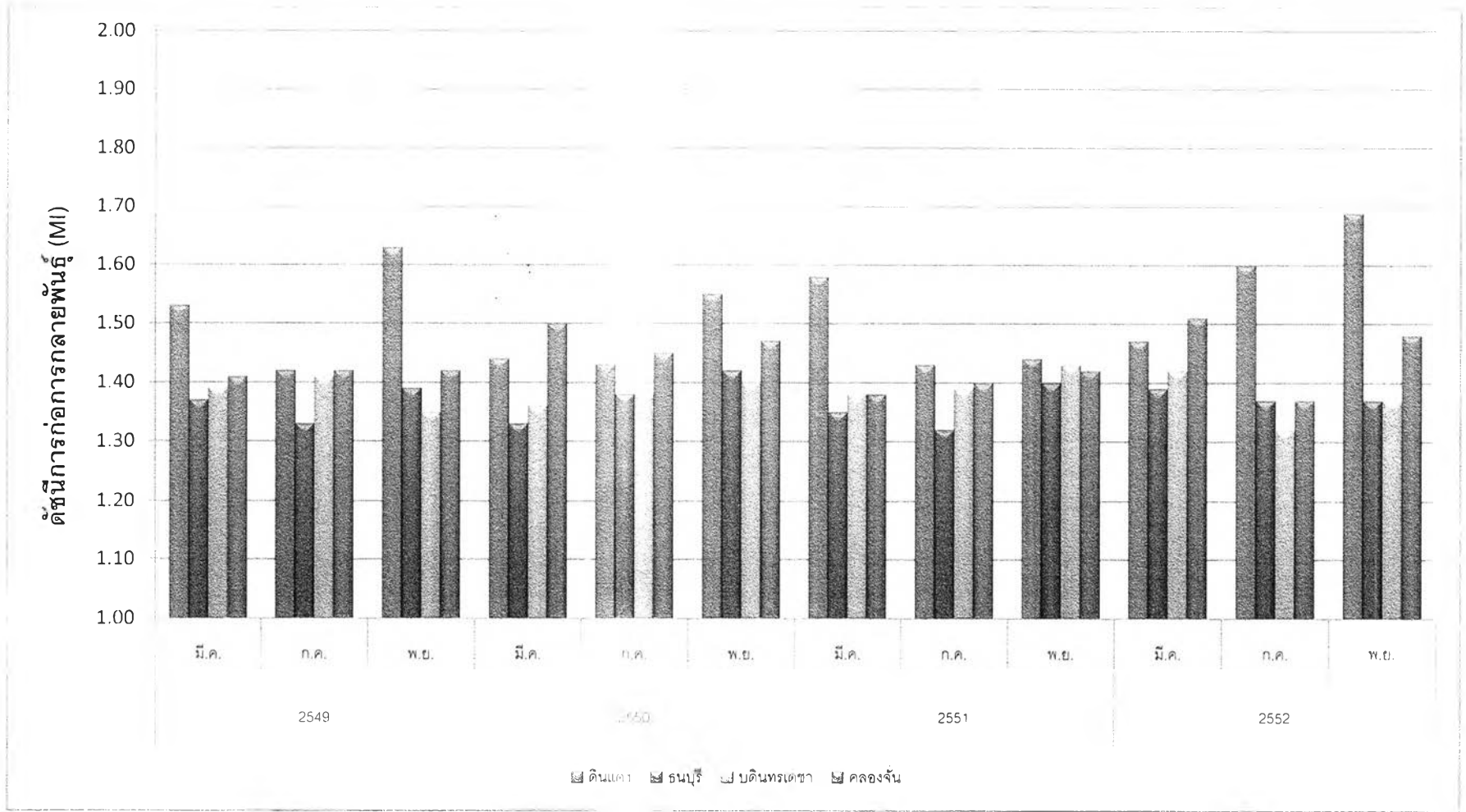
การทดสอบการก่อการกลายพันธุ์ของสารสกัดตัวอย่างฝุ่นละอองของสถานีจุดเก็บตัวอย่างในกรุงเทพมหานคร 4 สถานี แบ่งออกเป็น สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศริมเส้นทางจราจร 2 สถานี ได้แก่ สถานีการเคหะชุมชนดินแดง สถานีการไฟฟ้าอโยธยาบุรี และสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในเขตชุมชน 2 สถานี ได้แก่ สถานีโรงเรียนบดินทรเดชา สถานีการเคหะชุมชนคลองจั่น โดยวิธี Ames test ทำการทดสอบกับเชื้อ *Salmonella typhimurium* สายพันธุ์ TA98, TA100, DMST2069 และ ATCC13311 พบว่าเมื่อทดสอบกับเชื้อสายพันธุ์ TA98 และสายพันธุ์ ATCC13311 ดัชนีการก่อการกลายพันธุ์ (MI) มีค่าน้อยกว่า 2 เท่า ของจำนวนการกลายพันธุ์ของแบคทีเรียที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ดังแสดงในภาพที่ 4.7 และ 4.8 ซึ่งจากผลการทดลองแสดงว่า สารสกัดจากตัวอย่างฝุ่นละอองของทั้ง 4 สถานี ไม่แสดงฤทธิ์ก่อการกลายพันธุ์แบบการเคลื่อนรหัสพันธุกรรมจากการเพิ่มหรือลดจำนวนคู่เบสในดีเอ็นเอ (Frameshift mutation) และเมื่อทดสอบกับเชื้อสายพันธุ์ TA100 และสายพันธุ์ DMST2069 ดัชนีการก่อการกลายพันธุ์ (MI) มีค่าน้อยกว่า 2 เท่า ของจำนวนการกลายพันธุ์ของแบคทีเรียที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ดังแสดงในภาพที่ 4.9 และ 4.10 ซึ่งจากผลการทดลองแสดงว่าสารสกัดจากตัวอย่างฝุ่นละอองของทั้ง 4 สถานี ไม่แสดงฤทธิ์ก่อการกลายพันธุ์แบบการแทนที่คู่เบสหนึ่งด้วยคู่เบสอีกชนิดหนึ่ง แต่จำนวนคู่เบสยังเท่าเดิม (Base-pair substitution)



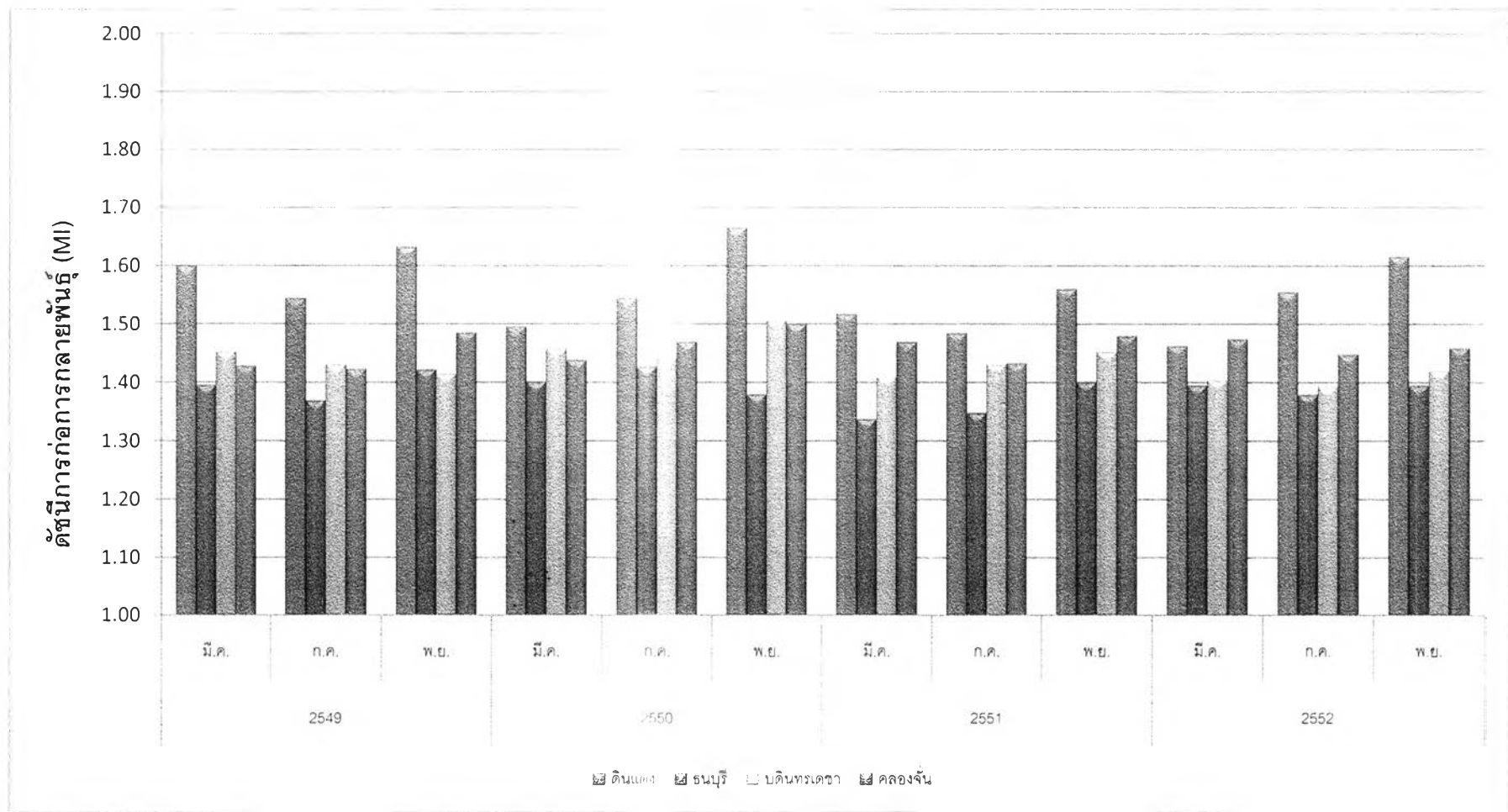
ภาพที่ 4.7 ค่าดัชนีการก่อการกลายพันธุ์ของเชื้อ *Salmonella typhimurium* สายพันธุ์ TA98



ภาพที่ 4.8 ค่าดัชนีการก่อการกลายพันธุ์ของเชื้อ *Salmonella typhimurium* สายพันธุ์ ATCC13311



ภาพที่ 4.9 ค่าดัชนีการก่อการกลายพันธุ์ของเชื้อ *Salmonella typhimurium* สายพันธุ์ TA100



ภาพที่ 4.10 ค่าดัชนีการก่อการกลายพันธุ์ของเชื้อ *Salmonella typhimurium* สายพันธุ์ DMST2069

จากผลค่าดัชนีการก่อการกลายพันธุ์ของแต่ละสถานี ทั้งหมด 4 สถานี พบว่ามีค่าน้อยกว่า 2 เท่าของจำนวนการกลายพันธุ์ที่เกิดตามธรรมชาติในทุกตัวอย่างที่ทำการทดสอบ แสดงว่าสารสกัดตัวอย่างฝุ่นละอองไม่มีฤทธิ์ในการก่อการกลายพันธุ์ สอดคล้องกับผลของความเข้มข้น PAHs ชนิดที่มีความสามารถในการก่อการกลายพันธุ์ที่พบในปริมาณสูง คือ Dibenzo(a,h)anthracene และ Benzo(k)fluoranthene ซึ่งมีความสามารถในการกลายพันธุ์ที่ไม่รุนแรง แต่จะเห็นว่าที่สถานีการเคหะชุมชนดินแดง โดยส่วนใหญ่จะมีค่าดัชนีการก่อการกลายพันธุ์สูงกว่าที่สถานีอื่นๆ เมื่อทดสอบกับเชื้อ *Salmonella typhimurium* ทั้ง 4 สายพันธุ์ อาจเนื่องจากสถานีการเคหะชุมชนดินแดง เป็นจุดเก็บตัวอย่างบริเวณริมถนนที่อยู่บริเวณใจกลางของกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีปัญหาการจราจรติดขัด และมีการจราจรคับคั่งตลอดทั้งวัน ทำให้เกิดการสะสมของฝุ่นละอองและไอเสียจากการเผาไหม้ของยานพาหนะต่างๆ มากกว่าบริเวณจุดเก็บตัวอย่างสถานีอื่นๆ

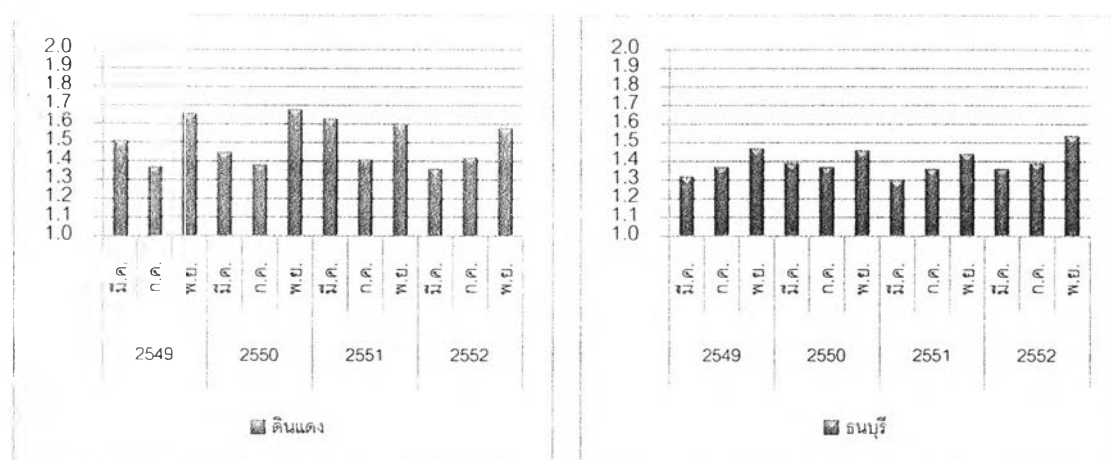
4.3.5.1 เปรียบเทียบค่าดัชนีการก่อการกลายพันธุ์ของสารสกัดตัวอย่างฝุ่นละอองระหว่างสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศริมถนนและสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเขตชุมชน

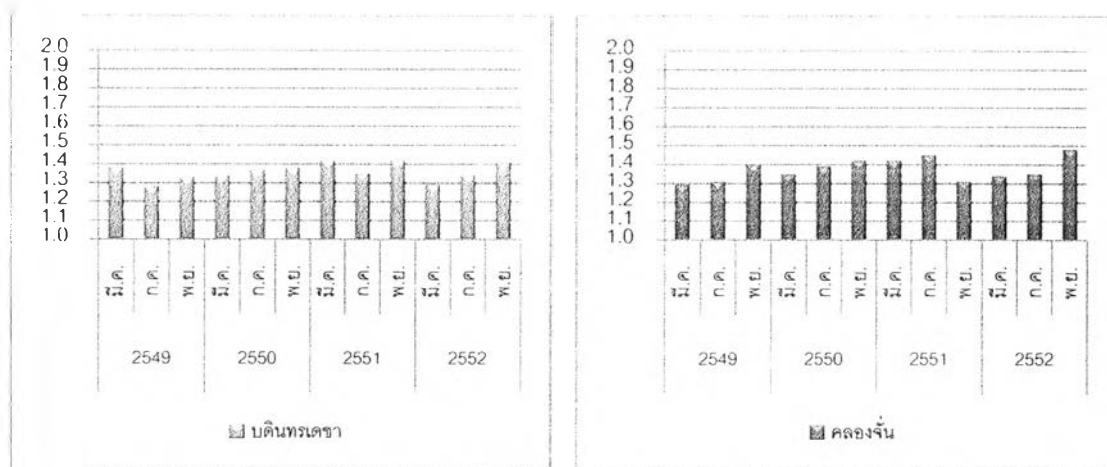
ทำการเปรียบเทียบค่าดัชนีการก่อการกลายพันธุ์ของสารสกัดฝุ่นละอองระหว่างบริเวณสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศริมถนน ได้แก่ สถานีการเคหะชุมชนดินแดง และสถานีการไฟฟ้าอโยธยบุรี กับสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเขตชุมชน ได้แก่ สถานีโรงเรียนบดินทรเดชา และสถานีการเคหะชุมชนคลองจั่น โดยการทดสอบทางสถิติ ใช้การวิเคราะห์ Independent samples T-test เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างจุดเก็บตัวอย่าง 2 บริเวณ พบว่าที่ทดสอบกับเชื้อ *Salmonella typhimurium* สายพันธุ์ TA98 และ ATCC13311 ค่าดัชนีการก่อการกลายพันธุ์ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบริเวณริมถนนมีความแตกต่างจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเขตชุมชนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$ ส่วนที่ทดสอบกับเชื้อสายพันธุ์ TA100 และ DMST2069 พบว่าค่าดัชนีการก่อการกลายพันธุ์ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบริเวณริมถนนและสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเขตชุมชน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$ (ภาคผนวก จ3)

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่าสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบริเวณริมถนน เป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการได้รับสารที่มีฤทธิ์ก่อการกลายพันธุ์แบบการเคลื่อนรหัสพันธุกรรมจากการเพิ่มหรือลดจำนวนคู่เบสในดีเอ็นเอ (Frameshift mutation) สูงกว่าบริเวณสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเขตชุมชน อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณนั้นๆ หากได้รับสารในปริมาณที่มาก และสะสมเป็นเวลานาน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kawanaka และคณะ (2006) ที่ทำการศึกษาการก่อการกลายพันธุ์ของอนุภาคฝุ่นในบรรยากาศบริเวณริมถนนและบริเวณชุมชน ที่เมืองไซตามะ ประเทศญี่ปุ่น โดยพบว่าผลกระทบต่อสุขภาพอันเนื่องมาจากอนุภาค ultrafine particles บริเวณริมถนน มีความเสี่ยงค่อนข้างสูงกว่าบริเวณชุมชน

4.3.5.2 การเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีการก่อการกลายพันธุ์ของสารสกัดฝุ่นละอองในแต่ละสถานี ระหว่างปี พ.ศ.2549-2552

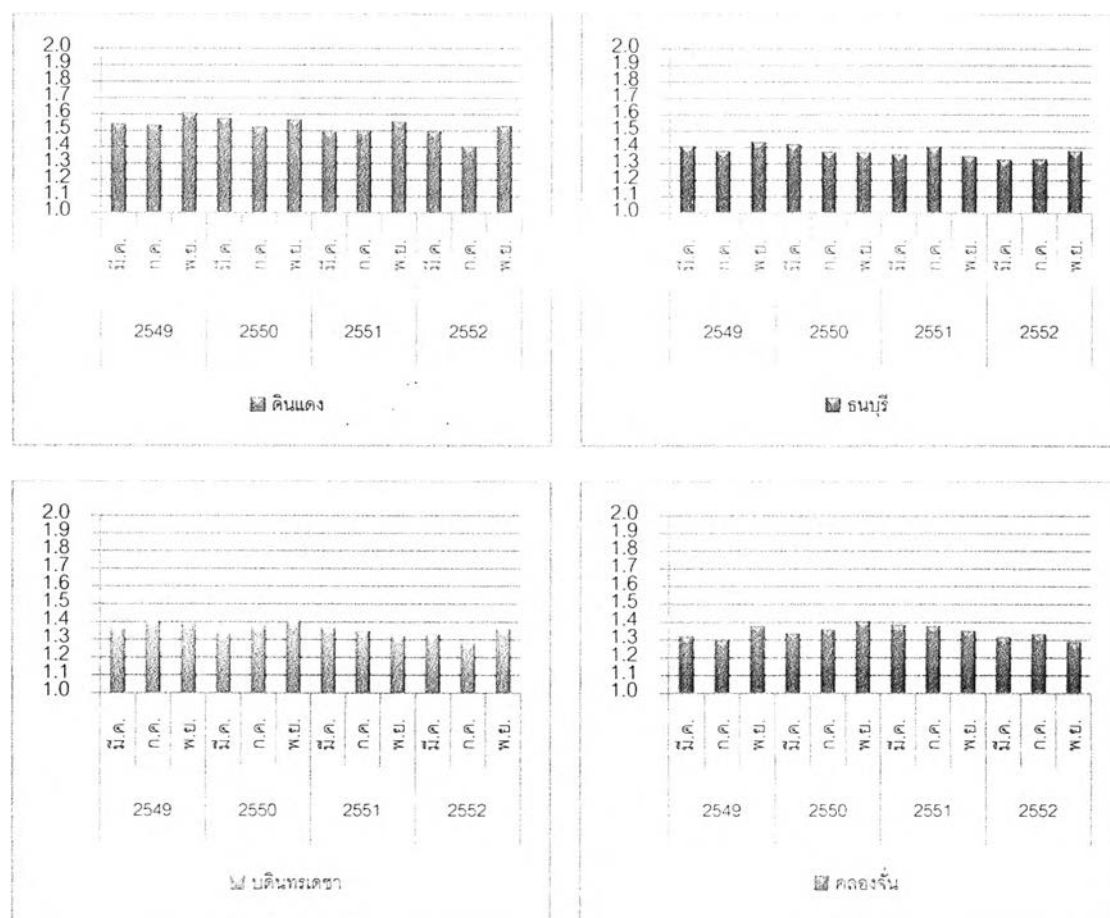
เมื่อทดสอบด้วยเชื้อ *Salmonella typhimurium* สายพันธุ์ TA98 พบว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีการก่อการกลายพันธุ์ของสถานีการเคหะชุมชนดินแดงโดยส่วนใหญ่จะมีค่าสูงในเดือนพฤศจิกายน และรองลงมาคือเดือนมีนาคม เช่นเดียวกับสถานีการไฟฟ้าอยุธยาธนบุรีที่มีค่าดัชนีการก่อการกลายพันธุ์สูงในเดือนพฤศจิกายน ส่วนสถานีโรงเรียนบดินทรเดชาและสถานีการเคหะชุมชนคลองจั่น ค่าดัชนีการก่อการกลายพันธุ์ในแต่ละปีมีค่าใกล้เคียงกัน ดังแสดงในภาพที่ 4.11





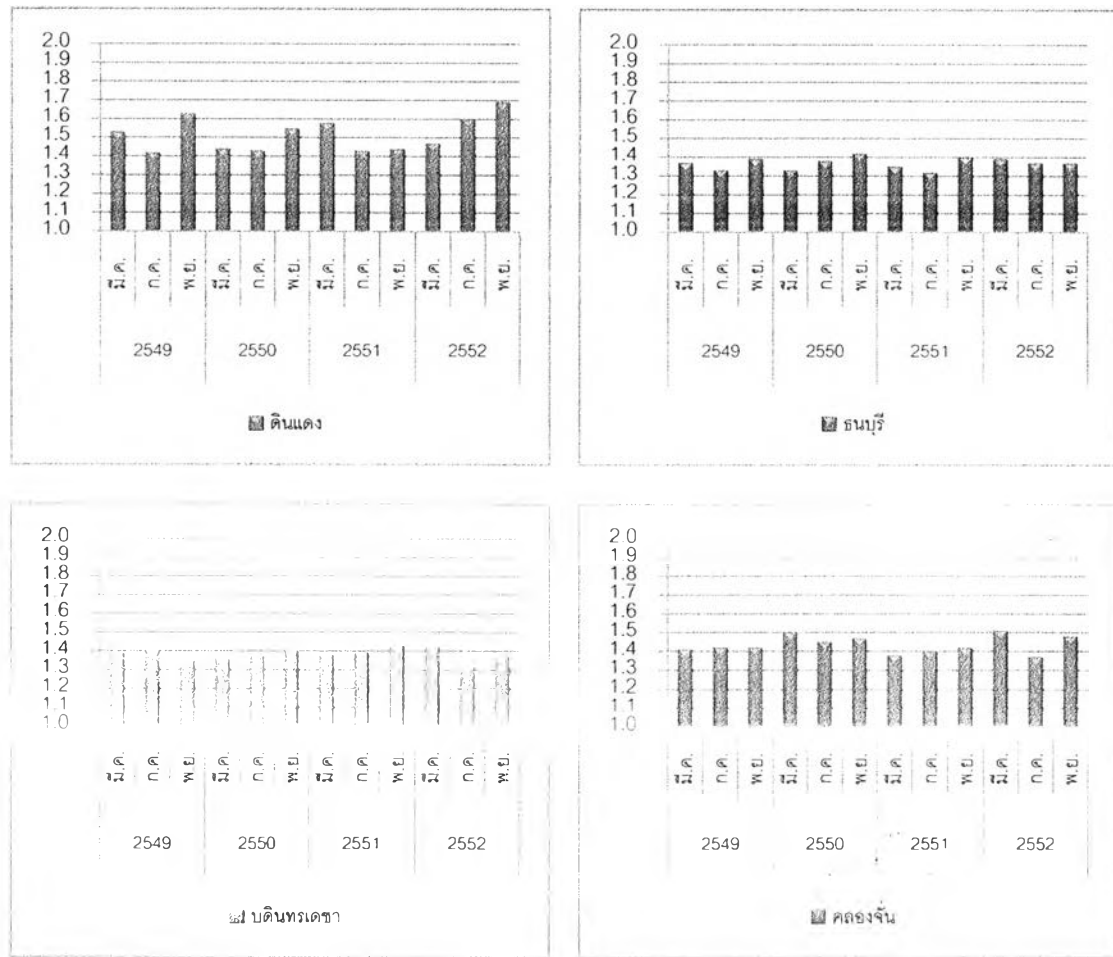
ภาพที่ 4.11 ค่าดัชนีการก่อการกลายพันธุ์ของสถานีต่างๆ ที่ทดสอบด้วยเชื้อสายพันธุ์ TA98

เมื่อทดสอบด้วยเชื้อ *Salmonella typhimurium* สายพันธุ์ ATCC13311 พบว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีการก่อการกลายพันธุ์ของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 4 สถานีในแต่ละปีไม่มีความแตกต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 4.12



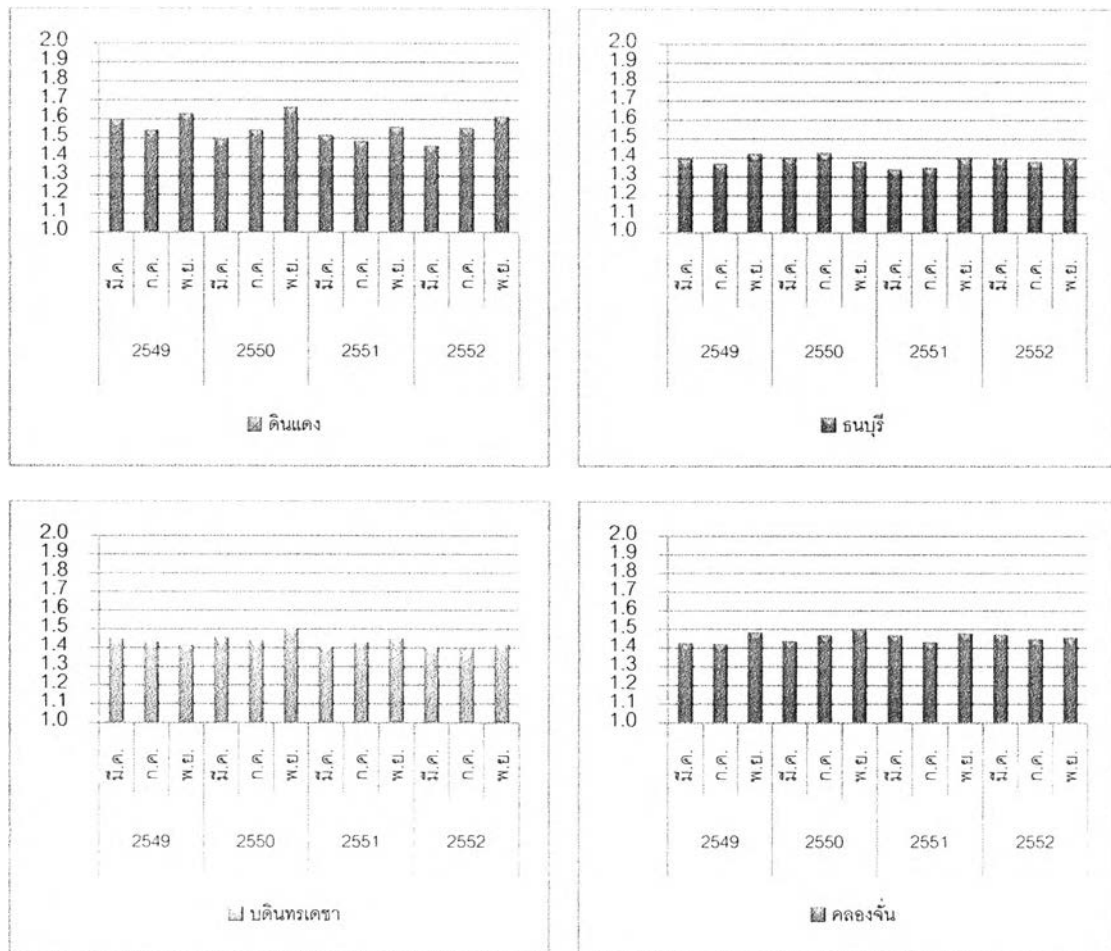
ภาพที่ 4.12 ค่าดัชนีการก่อการกลายพันธุ์ของสถานีต่างๆ ที่ทดสอบด้วยเชื้อสายพันธุ์ ATCC13311

เมื่อทดสอบด้วยเชื้อ *Salmonella typhimurium* สายพันธุ์ TA100 พบว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีการก่อการกลายพันธุ์ของสถานีการเคหะชุมชนดินแดงมีค่าสูงในเดือนพฤศจิกายน ปี 2549 และ ปี 2552 ส่วนสถานีอื่นๆค่าดัชนีการก่อการกลายพันธุ์ในแต่ละปี มีค่าใกล้เคียงกัน ดังแสดงในภาพที่ 4.13



ภาพที่ 4.13 ค่าดัชนีการก่อการกลายพันธุ์ของสถานีต่างๆ ที่ทดสอบด้วยเชื้อสายพันธุ์ TA100

เมื่อทดสอบด้วยเชื้อ *Salmonella typhimurium* สายพันธุ์ DMST2069 พบว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีการก่อการกลายพันธุ์ที่สถานีดินแดงมีค่าสูงในเดือนพฤศจิกายนของทุกปี ส่วนที่สถานีอื่นๆค่าดัชนีการก่อการกลายพันธุ์ในแต่ละปีไม่มีความแตกต่างกันดังแสดงในภาพที่ 4.14



ภาพที่ 4.14 ค่าดัชนีการก่อการกลายพันธุ์ของสถานีต่างๆ ที่ทดสอบด้วยเชื้อสายพันธุ์ DMST2069

จากการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีการก่อการกลายพันธุ์ของสถานีต่างๆ เมื่อทดสอบกับเชื้อ *Salmonella typhimurium* ทั้ง 4 สายพันธุ์ จะพบว่าที่สถานีการเคหะชุมชนดินแดง ในช่วงเดือนที่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีการก่อการกลายพันธุ์ที่แตกต่างจากเดือนอื่นๆ อย่างเห็นได้ชัดคือ เดือนพฤศจิกายน ทำให้สถานีการเคหะชุมชนดินแดง ในช่วงฤดูหนาว เป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการได้รับสารก่อการกลายพันธุ์มากกว่าบริเวณสถานีอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gilli และคณะ (2007) ที่ทำการศึกษาการก่อการกลายพันธุ์ของ PM2.5 ที่เมืองตูริน ประเทศอิตาลี ทำการเก็บตัวอย่างระหว่างเดือนกันยายน 2001 ถึงเดือนธันวาคม 2004 และนำไปทดสอบการก่อการกลายพันธุ์ด้วยวิธีการทดสอบเอมส์ พบว่าในช่วงฤดูหนาวมีค่าการก่อการกลายพันธุ์ของแบคทีเรีย *Salmonella typhimurium* สูงกว่าในฤดูกาลอื่น

ในช่วงฤดูหนาว อุณหภูมิอากาศลดลง ส่งผลให้ความหนาแน่นของมวลอากาศเพิ่มขึ้น มลพิษทางอากาศที่ถูกปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ไม่สามารถเคลื่อนที่

ไปยังชั้นบรรยากาศที่สูงขึ้นได้ จึงเกิดการสะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศในปริมาณมาก (วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์ และคณะ, 2543) ต่างจากในช่วงฤดูร้อน อุณหภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ความหนาแน่นของมวลอากาศลดลง มลพิษทางอากาศสามารถกระจายตัวขึ้นไปตามชั้นบรรยากาศได้มากขึ้น อีกทั้งยังสามารถเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายด้วยแสง (Photodegradation) ทำให้มลสารถูกเจือจางลง (Panther และคณะ, 1999) และในช่วงฤดูฝน ในอากาศมีความชื้นสัมพัทธ์มาก เมื่อเกิดฝนตก น้ำฝนที่ตกผ่านชั้นบรรยากาศลงมาจะชะล้างฝุ่นละอองและมลสารให้ตกลงมาด้วย (จารุวัฒน์ พ่วงสุข, 2551) จึงทำให้มีสารมลพิษในบรรยากาศน้อยลง

4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีการก่อการกลายพันธุ์และความเข้มข้นของสารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน

นำผลค่าดัชนีการก่อการกลายพันธุ์ของเชื้อ *Salmonella typhimurium* สายพันธุ์ TA98, TA100, DMST2069 และ ATCC13311 กับค่าความเข้มข้นสารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนชนิดที่มีความสามารถในการก่อการกลายพันธุ์ และความเข้มข้น PAHs รวม มาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) ดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของดัชนีการก่อการกลายพันธุ์กับสารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน

สถานี	PAHs	TA98	TA100	DMST2069	ATCC13311
ดินแดง	Benzo(a)anthracene	0.006	-0.061	0.422	0.227
	Benzo(b)fluoranthene	0.101	-0.060	-0.018	-0.281
	Benzo(k)fluoranthene	0.123	0.436	0.150	0.036
	Benzo(a)pyrene	0.475	-0.094	0.162	0.282
	Indeno(1,2,3-cd)pyrene	0.384	0.439	0.296	0.127
	Dibenzo(a,h)anthracene	0.440	0.248	0.281	0.261
	Total PAHs	0.705*	0.439	0.252	0.260

ตารางที่ 4.8 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของดัชนีการก่อการกลายพันธุ์กับสารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (ต่อ)

สถานี	PAHs	TA98	TA100	DMST2069	ATCC13311
ธนบุรี	Benzo(a)anthracene	0.327	0.286	0.364	0.605*
	Benzo(b)fluoranthene	0.162	-0.031	-0.351	-0.481
	Benzo(k)fluoranthene	0.104	0.238	0.059	0.228
	Benzo(a)pyrene	0.303	0.188	0.246	0.560*
	Indeno(1,2,3-cd)pyrene	0.515*	0.173	0.279	0.467
	Dibenzo(a,h)anthracene	0.241	0.161	0.176	0.552*
	Total PAHs	0.345	0.404	0.158	0.370
บดินทรเดชา	Benzo(a)anthracene	0.113	0.208	0.276	-0.368
	Benzo(b)fluoranthene	-0.513	0.252	0.076	0.586*
	Benzo(k)fluoranthene	-0.120	0.540*	-0.027	-0.307
	Benzo(a)pyrene	-0.167	0.501*	-0.402	-0.489
	Indeno(1,2,3-cd)pyrene	0.044	-0.219	-0.190	0.337
	Dibenzo(a,h)anthracene	0.366	-0.287	-0.216	-0.050
	Total PAHs	-0.097	0.063	0.291	0.489
คลองจั่น	Benzo(a)anthracene	0.115	-0.243	-0.171	0.218
	Benzo(b)fluoranthene	0.364	-0.248	-0.089	0.381
	Benzo(k)fluoranthene	-0.129	-0.256	0.066	0.062
	Benzo(a)pyrene	-0.413	-0.035	-0.438	-0.478
	Indeno(1,2,3-cd)pyrene	-0.233	0.475	0.157	-0.530
	Dibenzo(a,h)anthracene	-0.580	0.341	0.115	-0.326
	Total PAHs	0.185	0.073	0.253	-0.108

* หมายถึง มีนัยสำคัญที่ระดับ $p < 0.05$

จากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของดัชนีการก่อการกลายพันธุ์กับสารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน ชนิดที่มีความสามารถในการก่อมะเร็งและก่อการกลายพันธุ์ ได้แก่ Benzo(a)anthracene, Benzo(b)fluoranthene, Benzo(k)fluoranthene, Benzo(a)pyrene, Indeno(1,2,3-cd)pyrene และ Dibenzo(a,h)anthracene รวมทั้งความเข้มข้น PAHs รวม สรุปได้ดังนี้

เมื่อทดสอบด้วยเชื้อ *Salmonella typhimurium* สายพันธุ์ TA98 ที่สถานีการเคหะชุมชนดินแดง ค่าดัชนีการก่อการกลายพันธุ์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับ Total PAHs ในระดับปานกลาง โดยมีค่า $r = 0.705$ และที่สถานีการไฟฟ้าอยุธยาบุรี ค่าดัชนีการก่อการกลายพันธุ์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับ Indeno(1,2,3-cd)pyrene ในระดับปานกลาง โดยมีค่า $r = 0.515$

ทดสอบด้วยเชื้อ *Salmonella typhimurium* สายพันธุ์ TA100 ที่สถานีโรงเรียนบดินทรเดชา ค่าดัชนีการก่อการกลายพันธุ์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับ Benzo(k)fluoranthene และ Benzo(a)pyrene ในระดับปานกลาง โดยมีค่า $r = 0.540$ และ 0.501 ตามลำดับ

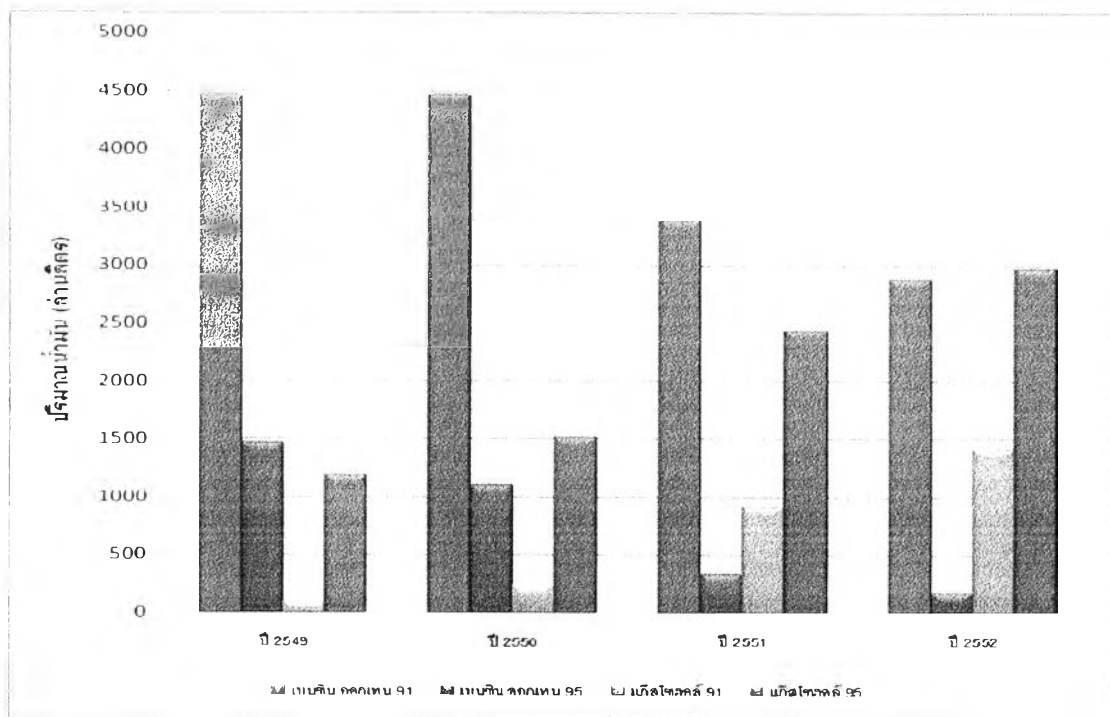
ทดสอบด้วยเชื้อ *Salmonella typhimurium* สายพันธุ์ ATCC13311 ที่สถานีธนบุรี ค่าดัชนีการก่อการกลายพันธุ์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับ Benzo(a)anthracene ในระดับปานกลาง โดยมีค่า $r = 0.605$ และมีความสัมพันธ์ทางบวกกับ Benzo(a)pyrene และ Dibenzo(a,h)anthracene ในระดับปานกลาง โดยมีค่า $r = 0.560$ และ 0.552 ตามลำดับ และที่สถานีโรงเรียนบดินทรเดชา ค่าดัชนีการก่อการกลายพันธุ์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับ Benzo(b)fluoranthene ในระดับปานกลาง โดยมีค่า $r = 0.586$

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของดัชนีการก่อการกลายพันธุ์กับสารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน แสดงให้เห็นว่าสาร PAHs ที่มีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีการก่อการกลายพันธุ์สูงสุด คือ Benzo(a)anthracene รองลงมา คือ Benzo(b)fluoranthene, Benzo(a)pyrene, Dibenzo(a,h)anthracene, Benzo(k)fluoranthene และ Indeno(1,2,3-cd)pyrene ตามลำดับ และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) อยู่ในระดับปานกลางไปจนถึงน้อย ซึ่งสอดคล้องกับผลค่าความเข้มข้นของสาร PAHs และค่าดัชนีการก่อการกลายพันธุ์ข้างต้น ที่พบว่าสาร PAHs ชนิดที่มีความสามารถในการก่อการกลายพันธุ์ที่พบในปริมาณสูง เป็นชนิดที่ก่อการกลายพันธุ์ไม่รุนแรง

จึงทำให้ไม่มีแนวโน้มในการก่อการกลายพันธุ์ และจะเห็นว่าในบริเวณแต่ละพื้นที่ สาร PAHs ชนิดเดียวกันอาจมีความสัมพันธ์กับการก่อการกลายพันธุ์ได้แตกต่างกันออกไป เนื่องจากในแต่ละพื้นที่อาจมีสารชนิดอื่นที่มีความสามารถในการก่อการกลายพันธุ์ร่วมอยู่ด้วย

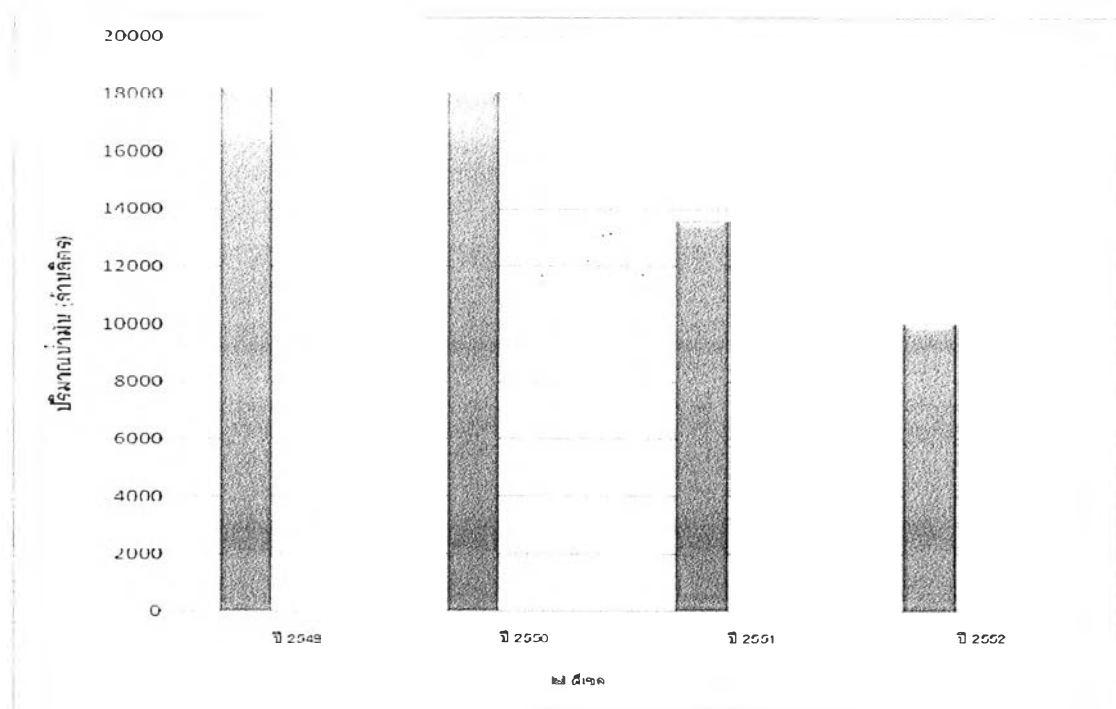
4.5 ผลของปริมาณการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงต่อศักยภาพในการก่อการกลายพันธุ์ของ สารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน

สารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่มีความสามารถเป็นสารก่อมะเร็งและก่อการกลายพันธุ์ ได้แก่ Benzo(a)anthracene, Benzo(b)fluoranthene, Benzo(k)fluoranthene, Benzo(a)pyrene, Indeno(1,2,3-cd)pyrene และ Dibenzo(a,h)anthracene เป็นสารที่มีวงเบนซีน 4 วงขึ้นไป และอยู่ในวิฎภาคอนุภาค (Mustafa, 1999) เป็นสารที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของน้ำมันเชื้อเพลิงจากยานพาหนะ เช่น น้ำมันดีเซล และน้ำมันเบนซิน เป็นต้น ซึ่งในระหว่างปี พ.ศ. 2549-2552 มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ น้ำมันประเภทต่างๆ โดยมีการใช้น้ำมันเบนซิน ออกเทน 91 และเบนซินออกเทน 95 ลดลงร้อยละ 36 และ 88 ตามลำดับ และมีการใช้แก๊สโซฮอล์ 91 และแก๊สโซฮอล์ 95 เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 93 และ 60 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 4.15 น้ำมันดีเซล มีแนวโน้มการใช้ลดจ้อยละ 45 ดังแสดงในภาพที่ 4.16 และแก๊สแอลพีจี มีแนวโน้มการใช้เพิ่มขึ้นร้อยละ 29 ดังแสดงในภาพที่ 4.17 (กรมธุรกิจพลังงาน, 2553)



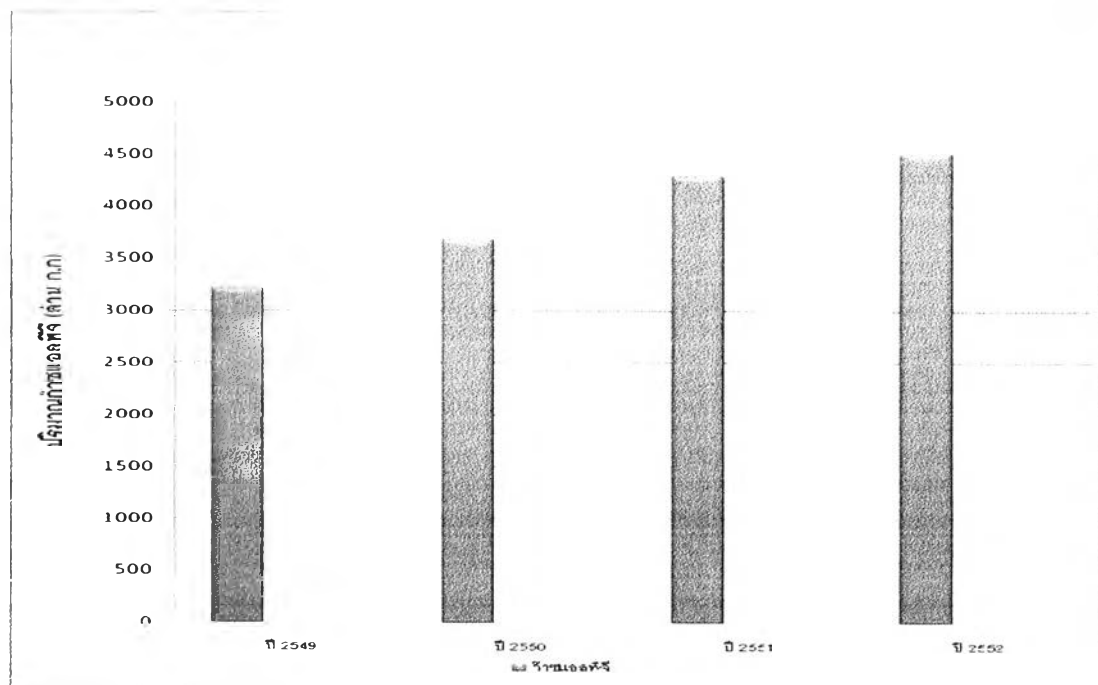
ภาพที่ 4.15 ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินและแก๊สโซฮอล์ ปี พ.ศ.2549-2552

ที่มา: ดัดแปลงจากข้อมูลกรมธุรกิจพลังงาน (2553)



ภาพที่ 4.16 ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล ปี พ.ศ.2549-2552

ที่มา: ดัดแปลงจากข้อมูลกรมธุรกิจพลังงาน (2553)



ภาพที่ 4.17 ปริมาณการใช้แก๊สแอลพีจี ปี พ.ศ.2549-2552

ที่มา: ดัดแปลงจากข้อมูลกรมธุรกิจพลังงาน (2553)

จากผลการเปลี่ยนแปลงการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ พบว่ามีการใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันเบนซินลดลง ซึ่งเชื้อเพลิง 2 ชนิดนี้เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเครื่องยนต์ทำให้เกิดสาร PAHs ซึ่งเป็นสารที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ อีกทั้งยังเป็นสารก่อมะเร็งและก่อการกลายพันธุ์ (IARC, 1983) แต่จากผลการวิจัยพบว่าปริมาณความเข้มข้นของสาร PAHs และค่าดัชนีการก่อการกลายพันธุ์ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2549-2552 ไม่ได้มีความแตกต่างกันมากนักในแต่ละสถานี อีกทั้งตัวอย่างที่นำมาทดสอบไม่พบว่ามีฤทธิ์ในการก่อการกลายพันธุ์ แต่พบว่าบริเวณพื้นที่ที่อยู่ริมถนนที่มีปริมาณการจราจรหนาแน่นตลอดทั้งวัน และมีปัญหาการจราจรติดขัด จะพบปริมาณสาร PAHs สูงกว่าบริเวณอื่นๆ ส่งผลให้มีค่าดัชนีการก่อการกลายพันธุ์สูงตามไปด้วย ถึงแม้ว่าการลดปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทั้งเบนซินและดีเซลลง จะไม่มีผลต่อปริมาณ PAHs และแนวโน้มการก่อการกลายพันธุ์ของสาร PAHs อย่างชัดเจน แต่การเพิ่มปริมาณการใช้น้ำมันประเภทอื่นๆ เช่น แก๊สโซฮอล์ และ แก๊สแอลพีจี เป็นต้น ซึ่งเป็นพลังงานทางเลือก ทำให้เครื่องยนต์มีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ขึ้น ลดการปลดปล่อยสารไฮโดรคาร์บอนและฝุ่นละอองจากท่อไอเสีย ส่งผลให้เกิดมลพิษทางอากาศลดน้อยลง (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2556)