

## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์อยู่ 4 ข้อ คือ 1) เพื่อวัดอัตราการถ่ายเทอากาศ (อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศและอัตราการระบายอากาศต่อคน) ในห้องผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศของโรงพยาบาล 2) เพื่อทราบระยะเวลาการใช้งานของแผ่นกรองอากาศที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในบรรยากาศของโรงพยาบาลในระบบเครื่องปรับอากาศชนิดเดี่ยว (Single Air Unit) 3) เพื่อสำรวจจุดอับอากาศในแต่ละห้องที่ทำการเก็บตัวอย่างในรูปของความเร็วลม ณ ตำแหน่งต่างๆภายในห้อง และความสัมพันธ์กับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ และ 4) เพื่อเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทอากาศกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในแต่ละห้องที่เก็บตัวอย่างอากาศของโรงพยาบาล โดยทั้งหมดนี้การกระทำในห้อง NICU และ PICU ซึ่งเป็นตัวแทนของระบบเครื่องปรับอากาศชนิดเดี่ยว และห้อง ICU และ Burn unit ซึ่งเป็นตัวแทนของเครื่องปรับอากาศชนิดรวม (Central Air Unit) การนำเสนอผลการวิจัยในบทนี้ จึงใคร่ขออภิปรายผลตามวัตถุประสงค์ในแต่ละห้องที่ศึกษาตามลำดับดังนี้

#### 1. อัตราการถ่ายเทอากาศ

##### 1.1 ห้อง NICU

สภาพแวดล้อมทั่วไปภายในห้องมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง  $26 - 28^{\circ}\text{C}$  (เฉลี่ย  $27.7^{\circ}\text{C}$ ) และมีความชื้นสัมพัทธ์ (RH) อยู่ในช่วง 59.1-64.5% (เฉลี่ย 62.3%)

อัตราการถ่ายเทอากาศในที่นี้ เป็นการศึกษาถึงอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ (Air changes rate) และอัตราการระบายอากาศต่อคน (ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อคน) โดยใช้ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ ( $\text{SF}_6$ ) เป็นตัวชี้วัด ซึ่งผลต่างของความเข้มข้นของก๊าซ  $\text{SF}_6$  ในเวลาต่าง ๆ กัน สามารถนำมาคำนวณอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ (A) ได้ดังสมการที่ 5 (McDermott, 2002)

$$A = \frac{1}{\Delta t} (\ln C_0 - \ln C_t) \quad (5)$$

โดยในที่นี้  $C_0$  คือ 0.18 ppm เมื่อเวลา 0 นาที และ  $C_t$  คือ 0.02 ppm เมื่อเวลา 60 นาที (ตารางที่ 11)

ดังนั้น แทนค่า  $A = \frac{1}{1} (\ln 0.18 - \ln 0.02)$

จึงได้เป็น  $A = 2.2$  Air changes/hour สำหรับห้อง NICU

อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศที่ได้จากสมการที่ (5) เมื่อนำมาคูณกับปริมาตรห้อง (11,448.76 ลูกบาศก์ฟุต) จะได้เป็นอัตราการเจือจางของอากาศดังสมการที่ 6 (McDermott, 2002)

$$Q_{dilution} = A \frac{\text{airchanges}}{\text{hour}} * V_r \frac{\text{ft}^3}{\text{airchange}} * \frac{\text{hour}}{60 \text{ min}} \quad (6)$$

$$\text{แทนค่า } Q_{dilution} = 2.2 * 11,448.76 * \frac{1}{60}$$

$$\text{อัตราการเจือจาง, } Q_{dilution} = 419.78 \text{ ft}^3/\text{min}$$

เมื่อนำจำนวนคนที่อยู่ภายในห้อง (20 คน โดยประมาณ) มาหารก็จะได้เป็นอัตราการระบายอากาศต่อคน ซึ่งเท่ากับ 20.98 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อคน ส่วนการศึกษาในครั้งที่ 2 ถึงครั้งที่ 4 อัตราการระบายอากาศต่อคนแสดงไว้ในตารางที่ 11 ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลา กับปริมาณความเข้มข้นของก๊าซ SF<sub>6</sub> ที่ทำการศึกษาทั้ง 4 ครั้งแสดงได้ดังรูปที่ 9

ตารางที่ 11 อัตราการถ่ายเทอากาศของห้อง NICU ครั้งที่ 1-4

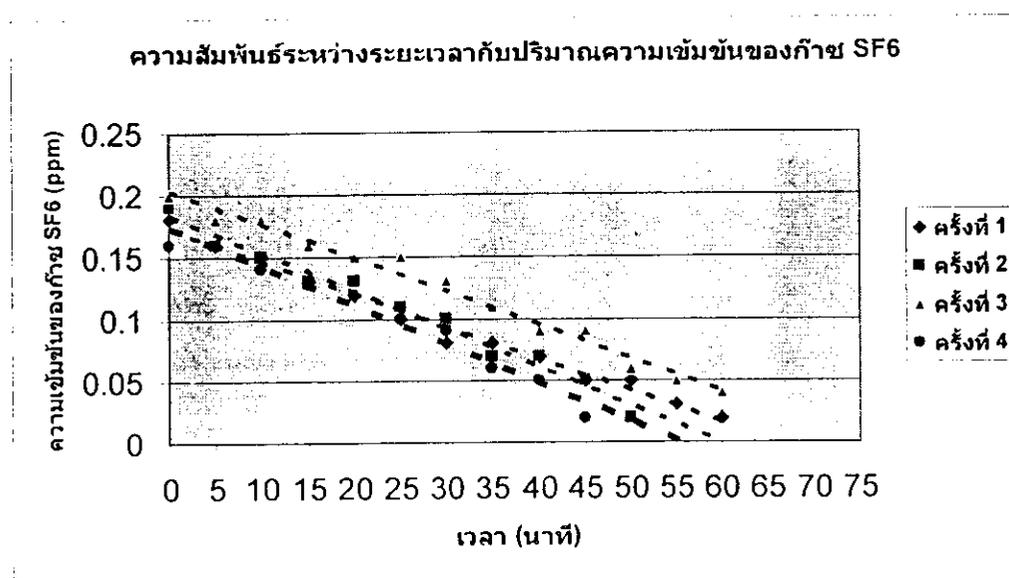
ครั้งที่	วัน-เวลาที่ทดสอบ	เวลา (นาทีที่)	SF <sub>6</sub> ที่วัดได้ (ppm)	อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ (Air Changes/hour)	อัตราการระบายอากาศต่อคน (ft <sup>3</sup> /min/person)
1	19 มิ.ย. 49 09.30 – 10.30 น. (60 นาที)	0	0.18	2.2	20.98
		5	0.16		
		10	0.15		
		15	0.13		
		20	0.12		
		25	0.10		
		30	0.08		
		35	0.08		
		40	0.07		
		45	0.05		
		50	0.05		
		55	0.03		
		60	0.02		

ตารางที่ 11 อัตราการถ่ายเทอากาศของห้อง NICU ครั้งที่ 1-4 (ต่อ)

ครั้งที่	วัน-เวลาที่ทดสอบ	เวลา (นาที)	SF <sub>6</sub> ที่วัดได้ (ppm)	อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ (Air Changes/hour)	อัตราการระบายอากาศต่อคน (ft <sup>3</sup> /min/person)
2	24 มิ.ย. 49 09.20 – 10.10 น. (50 นาที)	0	0.19	2.25	17.81
		5	0.16		
		10	0.15		
		15	0.13		
		20	0.13		
		25	0.11		
		30	0.10		
		35	0.07		
		40	0.07		
		45	0.05		
		50	0.02		
3	27 มิ.ย. 49 10.00 – 11.10 น. (70 นาที)	0	0.20	2.30	25.67
		5	0.18		
		10	0.18		
		15	0.16		
		20	0.15		
		25	0.15		
		30	0.13		
		35	0.11		
		40	0.09		
		45	0.09		
		50	0.06		
		55	0.05		
		60	0.04		
65	0.03				
70	0.02				

ตารางที่ 11 อัตราการถ่ายเทอากาศของห้อง NICU ครั้งที่ 1-4 (ต่อ)

ครั้งที่	วัน-เวลาที่ทดสอบ	เวลา (นาที)	SF <sub>6</sub> ที่วัดได้ (ppm)	อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ (Air Changes/hour)	อัตราการระบายอากาศต่อคน (ft <sup>3</sup> /min/person)
4	2 ก.ค. 49 09.15 – 10.00 น. (45 นาที)	0	0.16	2.08	14.88
		5	0.16		
		10	0.14		
		15	0.13		
		20	0.12		
		25	0.10		
		30	0.09		
		35	0.06		
		40	0.05		
		45	0.02		



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับปริมาณความเข้มข้นของก๊าซ SF<sub>6</sub> ในห้อง NICU

จะเห็นได้ว่า อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศของห้อง NICU ในการทดสอบในช่วงเวลาต่าง ๆ กันนั้น ให้ผลที่ค่อนข้างคงที่ คือ อยู่ช่วงของ 2.1-2.3 Air changes/hour คิดเป็นอัตราการระบายอากาศต่อคน ได้เป็น 15-26 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อคน ขึ้นอยู่กับจำนวนคน ณ วันนั้นๆ

ทั้งนี้มาตรฐานของระบบระบายอากาศที่สำคัญมาตรฐานหนึ่งคือมาตรฐานของ American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) ที่กำหนดให้ห้องต่างๆ ในโรงพยาบาลควรมีอัตราการระบายอากาศมากกว่า 15 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อคนสำหรับห้อง ICU และมากกว่า 25 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อคนสำหรับห้องพักผู้ป่วย (Montz, 2004) เมื่อเทียบกับอัตราการระบายอากาศ ในห้อง NICU นี้ พบว่าอัตราการระบายอากาศของโรงพยาบาล ที่ทำการศึกษานี้เท่ากับ 19.84 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อคน ซึ่งมีค่ามากกว่ามาตรฐาน ASHRAE ในส่วนที่เป็นห้อง ICU แต่ยังคงต่ำกว่ามาตรฐานสำหรับห้องพักผู้ป่วย

## 1.2 ห้อง PICU

สภาพแวดล้อมทั่วไปภายในห้องมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 25 – 27°C (เฉลี่ย 25.9 °C) และมีความชื้นสัมพัทธ์ (RH) อยู่ในช่วง 60.2 – 63.1% (เฉลี่ย 61.5%)

จากการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของ ก๊าซ SF<sub>6</sub> เมื่อเวลา 0 นาที (C<sub>0</sub>) เท่ากับ 0.20 ppm และความเข้มข้นของก๊าซ SF<sub>6</sub> เมื่อเวลา 60 นาที (C<sub>t</sub>) เท่ากับ 0.02 ppm (ตารางที่ 12) สามารถคำนวณอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ (A) ได้โดยใช้สมการที่ 5 ดังนี้

$$A = \frac{1}{t} (\ln C_0 - \ln C_t)$$

$$\text{ได้เป็น } A = 2.30 \text{ Air changes/hour}$$

อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศที่ได้ เมื่อคูณกับปริมาตรห้อง (11,448.76 ลูกบาศก์ฟุต) จะได้เป็นอัตราการเจือจางของอากาศ และเมื่อนำจำนวนคนที่อยู่ภายในห้องมาหาร (20 คน โดยประมาณ) จะได้เป็นอัตราการระบายอากาศต่อคน (ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อคน) ดังนี้

$$\text{อัตราการเจือจาง, } Q_{\text{dilution}} = 2.3 * 11448.76 * \frac{1}{60}$$

$$Q_{\text{dilution}} = 438.86 \text{ ft}^3/\text{min}$$

$$\text{อัตราการระบายอากาศต่อคน} = 438.86 / 20 \text{ ft}^3/\text{min}/\text{person}$$

$$= 21.94 \text{ ft}^3/\text{min}/\text{person}$$

ดังนั้นอัตราการระบายอากาศต่อคนของห้อง PICU เท่ากับ 0.62 ลูกบาศก์เมตรต่อ นาทีต่อคน ส่วนการศึกษาในครั้งที่ 2 ถึงครั้งที่ 4 อัตราการระบายอากาศต่อคนแสดงในตารางที่ 2 ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับปริมาณความเข้มข้นของก๊าซ SF<sub>6</sub> ที่ทำการศึกษาทั้ง 4 ครั้ง แสดงได้ดังรูปที่ 10

ตารางที่ 12 อัตราการถ่ายเทอากาศของห้อง PICU ครั้งที่ 1-4

ครั้งที่	วัน-เวลาที่ทดสอบ	เวลา (นาที)	SF <sub>6</sub> ที่วัดได้ (ppm)	อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ (Air Changes/hour)	อัตราการระบายอากาศต่อคน (ft <sup>3</sup> /min/person)
1	20 มิ.ย. 49 09.45 – 10.45 น. (60 นาที)	0	0.20	2.3	21.94
		5	0.18		
		10	0.16		
		15	0.15		
		20	0.13		
		25	0.10		
		30	0.09		
		35	0.08		
		40	0.07		
		45	0.04		
		50	0.04		
		55	0.03		
		60	0.02		

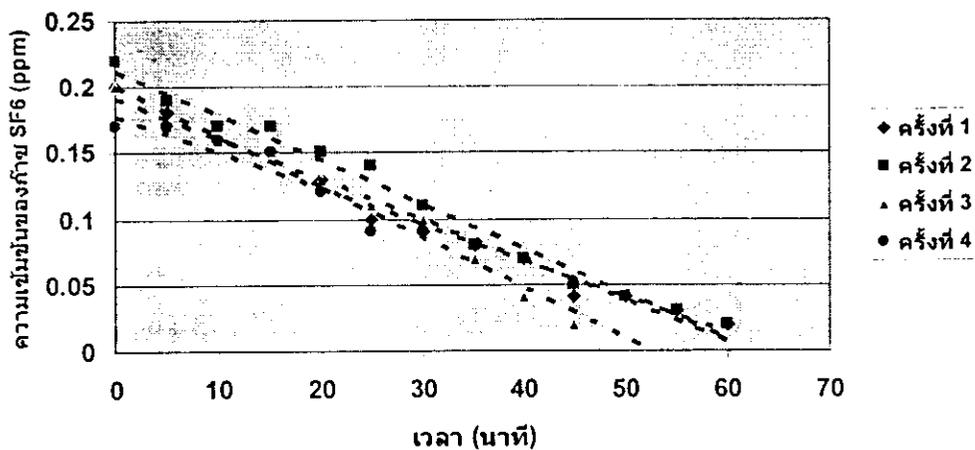
ตารางที่ 12 อัตราการถ่ายเทอากาศของห้อง PICU ครั้งที่ 1-4 (ต่อ)

ครั้งที่	วัน-เวลาที่ทดสอบ	เวลา (นาที)	SF <sub>6</sub> ที่วัดได้ (ppm)	อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ (Air Changes/hour)	อัตราการระบายอากาศต่อคน (ft <sup>3</sup> /min/person)
2	25 มิ.ย. 49 09.00 – 10.00 น. (60 นาที)	0	0.22	2.40	22.87
		5	0.19		
		10	0.17		
		15	0.17		
		20	0.15		
		25	0.14		
		30	0.11		
		35	0.08		
		40	0.07		
		45	0.05		
		50	0.04		
		55	0.03		
		60	0.02		
3	28 มิ.ย. 49 09.30 – 10.15 (45 นาที)	0	0.20	2.30	16.45
		5	0.17		
		10	0.16		
		15	0.15		
		20	0.13		
		25	0.11		
		30	0.10		
		35	0.07		
		40	0.04		
		45	0.02		

ตารางที่ 12 อัตราการถ่ายเทอากาศของห้อง PICU ครั้งที่ 1-4 (ต่อ)

ครั้งที่	วัน-เวลาที่ทดสอบ	เวลา (นาที)	SF <sub>6</sub> ที่วัดได้ (ppm)	อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ (Air Changes/hour)	อัตราการระบายอากาศต่อคน (ft <sup>3</sup> /min/person)
4	1 ก.ค. 49 09.25 – 10.25 น. (60 นาที)	0	0.17	2.14	20.42
		5	0.17		
		10	0.16		
		15	0.15		
		20	0.12		
		25	0.09		
		30	0.09		
		35	0.08		
		40	0.07		
		45	0.05		
		50	0.04		
		55	0.03		
60	0.02				

ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับปริมาณความเข้มข้นของก๊าซ SF<sub>6</sub>



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับปริมาณความเข้มข้นของก๊าซ SF<sub>6</sub> ในห้อง PICU

อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศของห้อง PICU นี้ค่อนข้างสูงกว่าห้อง NICU เล็กน้อย กล่าวคือ อยู่ในช่วง 2.1-2.4 Air changes/hour คิดเป็นอัตราการระบายอากาศต่อคนในช่วง 16-23 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อคน หรือเฉลี่ยได้ 20.42 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อคน ซึ่งมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานของ ASHRAE ที่กำหนดไว้สำหรับห้องพักผู้ป่วย แต่สูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้สำหรับห้อง ICU

### 1.3 ห้อง ICU

สภาพแวดล้อมทั่วไปภายในห้องมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 26 – 27.5 °C (เฉลี่ย 27 °C) และมีความชื้นสัมพัทธ์ (RH) อยู่ในช่วง 60.8 – 63.1% (เฉลี่ย 62.5%)

ความเข้มข้นของ ก๊าซ SF<sub>6</sub> เมื่อเวลา 0 นาที (C<sub>0</sub>) เท่ากับ 0.18 ppm และ ความเข้มข้นของก๊าซ SF<sub>6</sub> เมื่อเวลา 60 นาที (C<sub>t</sub>) เท่ากับ 0.02 ppm (ตารางที่ 13) คำนวณอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ (A) ได้โดยใช้สมการที่ 5 ดังนี้

$$A = \frac{1}{t} (\ln C_0 - \ln C_t)$$

ได้เป็น  $A = 2.20$  Air changes/hour

อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ 2.20 Air changes/hour คูณกับปริมาตรห้อง (14,247.35 ลูกบาศก์ฟุต) จะได้เป็นอัตราการเจือจางของอากาศ และเมื่อนำจำนวนคนที่อยู่ภายในห้องมาหาร (20 คน โดยประมาณ) จะได้เป็นอัตราการระบายอากาศต่อคนเท่ากับ 26.12 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อคน โดยผลการศึกษาในครั้งที่ 2 ถึงครั้งที่ 4 แสดงในตารางที่ 3 ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับปริมาณความเข้มข้นของก๊าซ SF<sub>6</sub> ที่ทำการศึกษาทั้ง 4 ครั้งแสดงได้ดังรูปที่ 11

$$\text{อัตราการเจือจาง, } Q_{\text{dilution}} = 2.2 * 14247.35 * \frac{1}{60}$$

$$Q_{\text{dilution}} = 522.40 \text{ ft}^3/\text{min}$$

$$\text{อัตราการระบายอากาศต่อคน} = 522.40 / 20 \text{ ft}^3/\text{min}/\text{person}$$

$$= 26.12 \text{ ft}^3/\text{min}/\text{person}$$

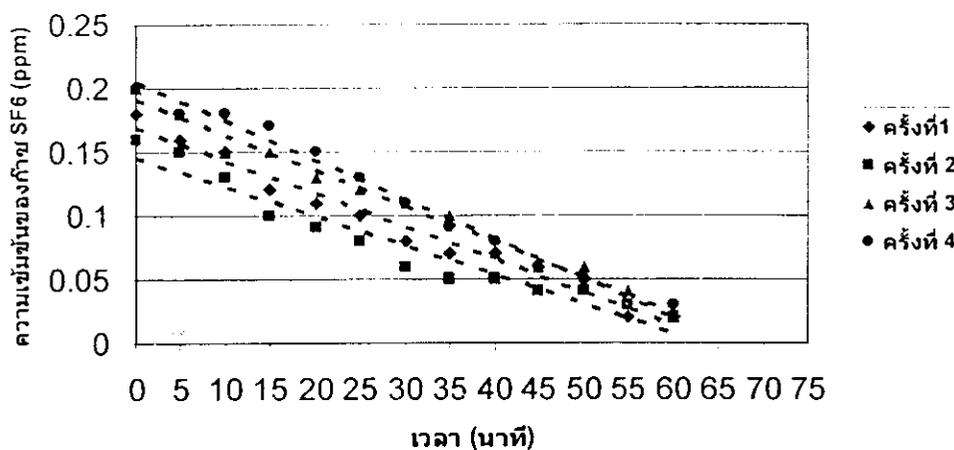
ตารางที่ 13 อัตราการถ่ายเทอากาศของห้อง ICU ครั้งที่ 1-4

ครั้งที่	วัน-เวลาที่ทดสอบ	เวลา (นาที)	SF <sub>6</sub> ที่วัดได้ (ppm)	อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ (Air Changes/hour)	อัตราการระบายอากาศ (ft <sup>3</sup> /min/person)
1	19 มิ.ย. 49 13.00 – 14.00 น. (60 นาที)	0	0.18	2.2	26.12
		5	0.18		
		10	0.16		
		15	0.15		
		20	0.12		
		25	0.11		
		30	0.10		
		35	0.08		
		40	0.07		
		45	0.07		
		50	0.06		
		55	0.05		
		60	0.02		
2	24 มิ.ย. 49 13.00 – 14.00 น. (60 นาที)	0	0.16	2.08	24.68
		5	0.15		
		10	0.13		
		15	0.10		
		20	0.09		
		25	0.08		
		30	0.06		
		35	0.05		
		40	0.05		
		45	0.04		
		50	0.04		
		55	0.03		
		60	0.02		

ตารางที่ 13 อัตราการถ่ายเทอากาศของห้อง ICU ครั้งที่ 1-4 (ต่อ)

ครั้งที่	วัน-เวลาที่ทดสอบ	เวลา (นาที)	SF <sub>6</sub> ที่วัดได้ (ppm)	อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ (Air Changes/hour)	อัตราการระบายอากาศ (ft <sup>3</sup> /min/person)
3	27 มี.ย. 49 12.30-13.30 น. (60 นาที)	0	0.20	2.30	27.33
		5	0.18		
		10	0.15		
		15	0.15		
		20	0.13		
		25	0.12		
		30	0.11		
		35	0.10		
		40	0.07		
		45	0.06		
		50	0.06		
		55	0.04		
		60	0.02		
4	2 ก.ค. 49 13.15 – 14.20 น. (65 นาที)	0	0.20	2.30	29.58
		5	0.18		
		10	0.18		
		15	0.17		
		20	0.15		
		25	0.13		
		30	0.11		
		35	0.09		
		40	0.08		
		45	0.06		
		50	0.05		
		55	0.03		
		60	0.03		
65	0.02				

ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับปริมาณความเข้มข้นของก๊าซ SF<sub>6</sub>



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับปริมาณความเข้มข้นของก๊าซ SF<sub>6</sub> ในห้อง ICU

อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศของห้อง ICU ในการทดสอบในช่วงเวลาต่าง ๆ กันนั้น ให้ผลที่ค่อนข้างคงที่ คืออยู่ช่วงของ 2.08-2.3 Air changes/hour คิดเป็นอัตราการระบายอากาศต่อคน ได้เป็น 24.68-29.58 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อคน เฉลี่ยแล้วเท่ากับ 26.92 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อคน ซึ่งมีค่ามากกว่าห้อง NICU และห้อง PICU อีกทั้งเกินกว่าค่ามาตรฐานของ ASHRAE ทั้งส่วนของมาตรฐานห้อง ICU และมาตรฐานห้องพักผู้ป่วยด้วยกันทั้งคู่

#### 1.4 ห้อง Burn Unit

สภาพแวดล้อมทั่วไปภายในห้องมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 25 – 28°C (เฉลี่ย 25.7°C) และมีความชื้นสัมพัทธ์ (RH) อยู่ในช่วง 58.8 – 64.1% (เฉลี่ย 59.8%)

จากผลการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของ ก๊าซ SF<sub>6</sub> เมื่อเวลา 0 นาที เท่ากับ 0.22 ppm และ ความเข้มข้นของก๊าซ SF<sub>6</sub> เมื่อเวลา 75 นาที เท่ากับ 0.02 ppm (ตารางที่ 14) สามารถมาคำนวณอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ (A) ได้โดยใช้สมการที่ 5 ดังนี้

$$\text{แทนค่า} \quad A = \frac{1}{1} (\ln 0.22 - \ln 0.02)$$

$$\text{จึงได้เป็น} \quad A = 2.40 \text{ Air changes/hour}$$

อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศที่ได้ เมื่อนำมาคูณกับปริมาณห้อง (16,219.08 ลูกบาศก์ ฟุต) จะได้เป็นอัตราการเจือจางของอากาศดังนี้

$$\begin{aligned} \text{อัตราการเจือจาง, } Q_{\text{dilution}} &= 2.4 * 16219.08 * \frac{1}{60} \\ Q_{\text{dilution}} &= 648.76 \text{ ft}^3/\text{min} \end{aligned}$$

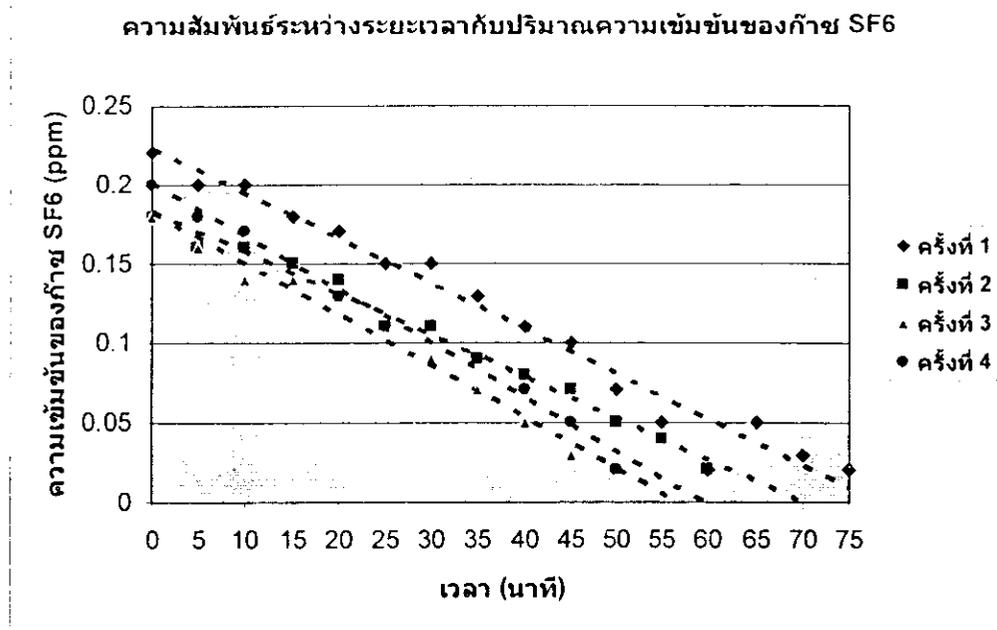
เมื่อนำจำนวนคนที่อยู่ภายในห้อง (20 คน โดยประมาณ) มาหารก็จะได้เป็นอัตราการระบายอากาศต่อคนเท่ากับ 32.43 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อคน โดยการศึกษานี้ครั้งที่ 2 ถึงครั้งที่ 4 แสดงในตารางที่ 14 ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาปริมาณความเข้มข้นของก๊าซ SF<sub>6</sub> ที่ทำการศึกษาทั้ง 4 ครั้งแสดงได้ดังรูปที่ 12

ตารางที่ 14 อัตราการถ่ายเทอากาศของห้อง Bum Unit ครั้งที่ 1-4

ครั้งที่	วัน-เวลา ที่ทดสอบ	เวลา (นาที)	SF <sub>6</sub> ที่ วัดได้ (ppm)	อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ (Air Changes/hour)	อัตราการระบาย อากาศ (ft <sup>3</sup> /min/person)
1	20 มี.ย. 49 13.00 -14.00 น. (60 นาที)	0	0.22	2.4	32.43
		5	0.20		
		10	0.20		
		15	0.18		
		20	0.17		
		25	0.15		
		30	0.15		
		35	0.13		
		40	0.11		
		45	0.10		
		50	0.07		
		55	0.05		
		60	0.02		
2	25 มี.ย. 49 12.30 – 13.30 น. (60 นาที)	0	0.18	2.20	29.73
		5	0.16		
		10	0.16		
		15	0.15		
		20	0.14		
		25	0.11		
		30	0.11		
		35	0.09		
		40	0.08		
		45	0.07		
		50	0.05		
		55	0.04		
		60	0.02		

ตารางที่ 14 อัตราการถ่ายเทอากาศของห้อง Burn Unit ครั้งที่ 1-4 (ต่อ)

ครั้งที่	วัน-เวลาที่ทดสอบ	เวลา (นาที)	SF <sub>6</sub> ที่วัดได้ (ppm)	อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ (Air Changes/hour)	อัตราการระบายอากาศ (ft <sup>3</sup> /min/person)
3	28 มิ.ย. 49 13.00 -13.50 น. (50 นาที)	0	0.18	2.2	24.78
		5	0.16		
		10	0.14		
		15	0.14		
		20	0.13		
		25	0.11		
		30	0.09		
		35	0.07		
		40	0.05		
		45	0.03		
		50	0.02		
4	1255 – 13.45 น. (50 นาที)	0	0.20	2.30	25.90
		5	0.18		
		10	0.17		
		15	0.15		
		20	0.13		
		25	0.11		
		30	0.11		
		35	0.09		
		40	0.07		
		45	0.05		
		50	0.02		



**รูปที่ 12** ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับปริมาณความเข้มข้นของก๊าซ SF<sub>6</sub> ในห้อง Burn Unit

อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศของห้อง Burn Unit ในการทดสอบอยู่ในช่วงของ 2.2-2.4 Air changes/hour คิดเป็นอัตราการระบายอากาศต่อคนได้เป็น 24.8-32.4 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อคน ซึ่งเฉลี่ยแล้วเท่ากับ 28.3 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อคน ซึ่งมีค่ามากกว่าห้องอื่นๆ อีกทั้งเกินกว่าค่ามาตรฐานของ ASHRAE กำหนดทั้งส่วนของมาตรฐานห้อง ICU และมาตรฐานห้องพักผู้ป่วยด้วยทั้งคู่

## 2. ระยะเวลาการใช้งานของแผ่นกรองอากาศ

ในการศึกษาระยะเวลาการใช้งานของแผ่นกรองอากาศที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในบรรยากาศของโรงพยาบาลนั้น ผู้วิจัยได้เลือกห้อง NICU และห้อง PICU เป็นตัวแทนในการศึกษาระบบเครื่องปรับอากาศชนิดเดี่ยว (Single Air Unit) ซึ่งมีปริมาตรห้องและสภาพแวดล้อมใกล้เคียงกัน แต่ห้องที่ใช้เครื่องปรับอากาศชนิดรวม (Central Air Unit) (ห้อง ICU และ Burn Unit) นั้น ทางโรงพยาบาลยังไม่มีกำหนดจะเปลี่ยนแผ่นกรองอากาศในช่วงเวลาที่ทำการศึกษาแต่อย่างใด การศึกษานี้จึงไม่มีผลของการใช้งานของแผ่นกรองอากาศจากเครื่องปรับอากาศจากเครื่องปรับอากาศชนิดรวม

ทั้งนี้ผลการศึกษาระยะเวลาการใช้งานของกรองอากาศชนิดที่เก็บ Field blank ในส่วนของการศึกษาหัวข้อนี้ทั้ง 4 ครั้งนั้น ไม่พบทั้งเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา เนื่องจากในขณะที่ทำการขนได้มีการเก็บใส่ถุงพลาสติกอย่างดี และมีการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อ Impactor ด้วยแอลกอฮอล์ 70% จึงไม่มีเชื้อหลงเหลือและปนเปื้อนในเครื่อง Andersen Impactor

### 2.1 ห้อง NICU

เครื่องปรับอากาศในห้อง NICU และ PICU นั้นเป็นเครื่องปรับอากาศชนิดทั่วไปที่ใช้ตามบ้าน ขนาด 36,000 Btu/hour 10.55 KW จำนวน 1 เครื่อง (รูปที่ 13) โดยแผ่นกรองอากาศที่ใช้เป็นชนิด Allergy clear enzyme filter ขนาด 20x15 เซนติเมตร โดยสภาพแวดล้อมขณะทำการเก็บตัวอย่างในห้อง NICU ในช่วงเดือนมีนาคม ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2549 นั้นสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 15



รูปที่ 13 เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในห้อง NICU

ตารางที่ 15 สภาพแวดล้อมโดยทั่วไปขณะที่ทำการเก็บตัวอย่างห้อง NICU

เดือน	สัปดาห์ที่	ผู้ป่วย (คน)	แพทย์ (คน)	พยาบาล (คน)	แม่บ้าน (คน)	ญาติ (คน)	ผู้วิจัย (คน)	รวม (คน)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น (%)	เปิด/ปิด ประตู (ครั้ง)	หมายเหตุ
มีนาคม	1	8	4	4	1	-	2	19	26	57	3	- เปิดแอร์
	2	8	2	4	2	-	2	18	27	50.8	4	แพทย์/พยาบาล
	3	8	2	6	3	-	2	21	26.8	63.1	3	ทำงานปกติ มีการ
	4	6	2	4	3	-	4	19	27	60.1	3	เปิด-ปิด ประตูและ มีการเข้า-ออก ตลอดเวลาที่เก็บ ตัวอย่าง
เมษายน	1 (อ)	8	4	4	1	-	2	19	26.5	58.2	4	- เปิดแอร์
	1 (พ)	8	-	4	-	-	2	14	26.8	62.1	5	แพทย์/พยาบาล
	2 (อ)	8	1	4	1	-	1	15	28.4	57.6	3	ทำงานปกติ มีการ
	2 (พ)	8	2	3	2	-	2	17	27.8	62.8	5	เปิด-ปิด ประตูและ
	3 (อ)	8	2	4	1	1	1	17	27.9	61	4	มีการเข้า-ออก
	3 (พ)	8	2	4	1	-	1	16	27.2	65.6	4	ตลอดเวลาที่เก็บ
	4 (อ)	8	2	4	2	-	1	17	26.7	63.4	3	ตัวอย่าง
	4 (พ)	8	2	4	1	-	1	16	27.7	58.2	5	

หมายเหตุ : (อ) คือ วันอาทิตย์ และ (พ) คือ วันพุธ

ตารางที่ 15 สภาพแวดล้อมโดยทั่วไปขณะที่ทำการเก็บตัวอย่างห้อง NICU

เดือน	สัปดาห์ ที่	ผู้ป่วย (คน)	แพทย์ (คน)	พยาบาล (คน)	แม่บ้าน (คน)	ญาติ (คน)	ผู้วิจัย (คน)	รวม (คน)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น (%)	เปิด/ปิด ประตู (ครั้ง)	หมายเหตุ
มีนาคม	1	8	4	4	1	-	2	19	26	57	3	- เปิดแอร์
	2	8	2	4	2	-	2	18	27	50.8	4	แพทย์/พยาบาล
	3	8	2	6	3	-	2	21	26.8	63.1	3	ทำงานปกติ มีการ
	4	6	2	4	3	-	4	19	27	60.1	3	เปิด-ปิด ประตูและ มีการเข้า-ออก ตลอดเวลาที่เก็บ ตัวอย่าง
เมษายน	1 (อ)	8	4	4	1	-	2	19	26.5	58.2	4	- เปิดแอร์
	1 (พ)	8	-	4	-	-	2	14	26.8	62.1	5	แพทย์/พยาบาล
	2 (อ)	8	1	4	1	-	1	15	28.4	57.6	3	ทำงานปกติ มีการ
	2 (พ)	8	2	3	2	-	2	17	27.8	62.8	5	เปิด-ปิด ประตูและ
	3 (อ)	8	2	4	1	1	1	17	27.9	61	4	มีการเข้า-ออก
	3 (พ)	8	2	4	1	-	1	16	27.2	65.6	4	ตลอดเวลาที่เก็บ
	4 (อ)	8	2	4	2	-	1	17	26.7	63.4	3	ตัวอย่าง
	4 (พ)	8	2	4	1	-	1	16	27.7	58.2	5	

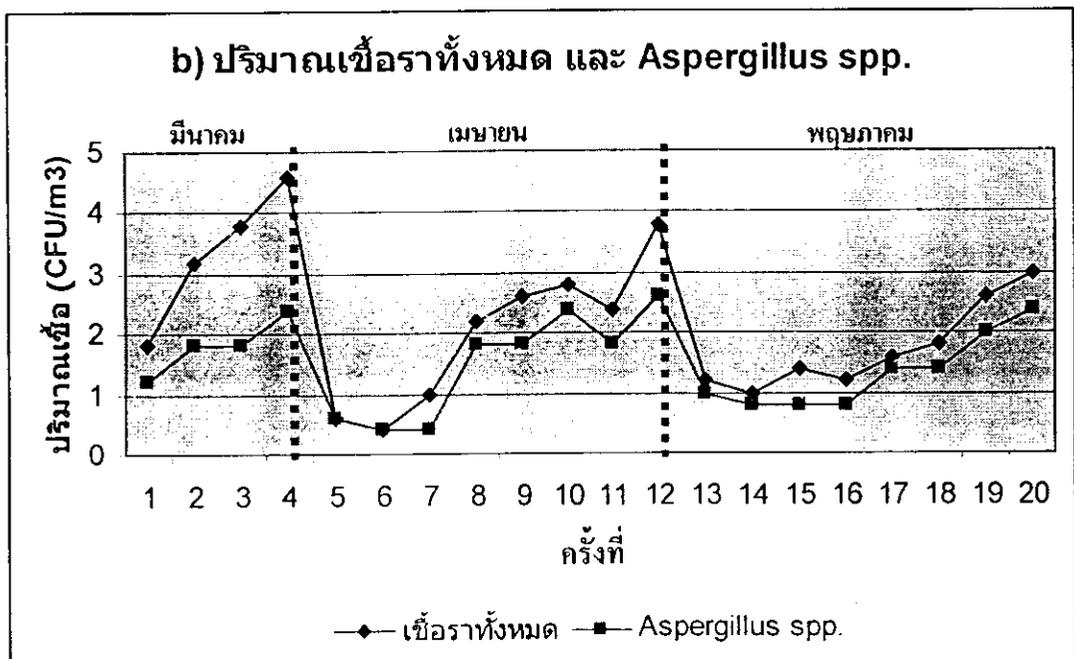
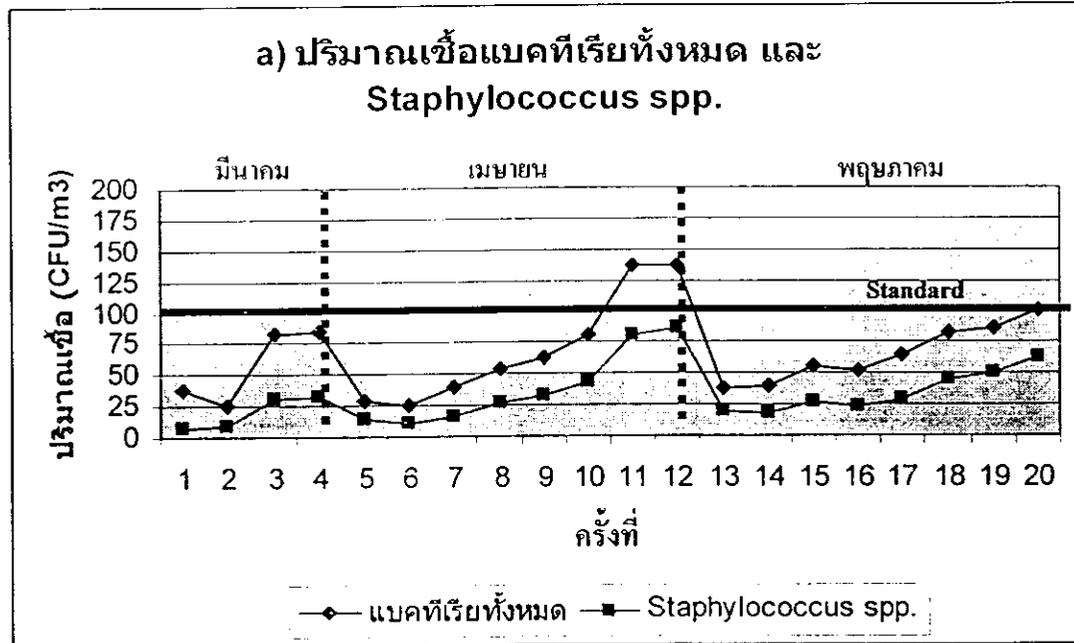
หมายเหตุ : (อ) คือ วันอาทิตย์ และ (พ) คือ วันพุธ

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด (Total Bacteria) ปริมาณเชื้อ *Staphylococcus spp.* ปริมาณเชื้อราทั้งหมด (Total Fungi) และปริมาณเชื้อ *Aspergillus spp.* กับระยะเวลาการใช้งานของแผ่นกรองอากาศแสดงได้ดังรูปที่ 14 โดยเดือนมีนาคมทำการเก็บตัวอย่าง สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ขณะที่เดือนเมษายนและเดือนพฤษภาคมได้ทำการเก็บตัวอย่างถึงขึ้นเป็นสัปดาห์ละ 2 ครั้ง ตามลำดับ

จากผลการศึกษาพบว่าปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรานั้นพบในปริมาณที่น้อยเมื่อทำการเก็บตัวอย่างในช่วงหลังจากมีการล้างแผ่นกรองอากาศ และมีปริมาณเชื้อที่เพิ่มขึ้นจนถึงจุด Breakpoint ในช่วงสัปดาห์ที่ 3 และ 4 ของแต่ละเดือน (รูปที่ 14) โดยเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดที่พบเมื่อเริ่มต้นครั้งแรกในเดือนมีนาคม เมษายน และพฤษภาคม คือ 38, 29 และ 37.4 CFU/m<sup>3</sup> ตามลำดับ และได้พบปริมาณเชื้อเพิ่มขึ้นเป็น 82.8, 81.8 และ 83 CFU/m<sup>3</sup> ในสัปดาห์ที่ 4 ของเดือนมีนาคม เมษายน และพฤษภาคม ตามลำดับ กล่าวคือเพิ่มขึ้นเป็น 2.2 – 2.9 เท่าตัวในช่วงเวลา 4 สัปดาห์ สำหรับเชื้อ *Staphylococcus spp.* เมื่อเริ่มต้นครั้งแรกในแต่ละเดือนที่ทำการศึกษา พบปริมาณ 6.8, 15 และ 19.6 CFU/m<sup>3</sup> ตามลำดับ และมีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 30.2, 42.8 และ 49.8 CFU/m<sup>3</sup> ในสัปดาห์ที่ 4 ของแต่ละเดือน ตามลำดับ กล่าวคือเพิ่มขึ้นเป็น 2.5 – 4.4 เท่าตัวในช่วงเวลา 4 สัปดาห์เช่นกัน ส่วนเชื้อราทั้งหมดนั้นเมื่อเริ่มต้นครั้งแรกในแต่ละเดือน มีปริมาณ 1.8, 0.6 และ 1.2 CFU/m<sup>3</sup> ตามลำดับ และมีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 3.8, 2.6 และ 1.8 CFU/m<sup>3</sup> ในสัปดาห์ที่ 4 ของแต่ละเดือน ตามลำดับ กล่าวคือเพิ่มขึ้นเป็น 1.5 – 4.3 เท่าตัวในช่วงเวลา 4 สัปดาห์ สำหรับเชื้อ *Aspergillus spp.* พบเมื่อเริ่มต้นครั้งแรกของทุกเดือนที่ศึกษา คือ 1.2, 0.6 และ 1 CFU/m<sup>3</sup> ตามลำดับ พบปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 1.8, 2.4 และ 1.4 CFU/m<sup>3</sup> ในสัปดาห์ที่ 4 ของแต่ละเดือน ตามลำดับ กล่าวคือเพิ่มขึ้นเป็น 1.54 – 4 เท่าตัวในช่วงเวลา 4 สัปดาห์เช่นเดียวกัน สรุปได้ว่าในรอบ 1 เดือน ปริมาณแบคทีเรียจะเพิ่มขึ้น 2-4 เท่าตัว ขณะที่เชื้อราจะเพิ่มขึ้น 1.5-4 เท่าตัว ซึ่งใกล้เคียงกัน

เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์มาตรฐานของ WHO ที่กำหนดให้เชื้อแบคทีเรียทั้งหมดมีได้ไม่เกิน 100 CFU/m<sup>3</sup> สำหรับห้อง ICU ในโรงพยาบาล และเชื้อราทั้งหมดมีได้ไม่เกิน 50 CFU/m<sup>3</sup> ในห้องเดียวกัน (Ross et al., 2004) พบว่าเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดนั้น ไม่เกินมาตรฐาน ส่วนในเดือนเมษายนนั้นพบปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดเกินมาตรฐาน ส่วนปริมาณเชื้อราทั้งหมดที่พบมีค่าไม่เกินมาตรฐาน โดยยังคงต่ำกว่าค่ามาตรฐานถึง 10 เท่า แต่อย่างไรก็ตามเพื่อไม่ให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพผู้ป่วยในแง่ของปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ค่อนข้างสูงใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน จึงจำเป็นต้องทำการล้างแผ่นกรองอากาศ ทุกๆเดือน ในห้อง NICU ซึ่งตรงกับระยะเวลาการล้างแผ่นกรองอากาศ ตามคำแนะนำในการล้างแผ่นกรองอากาศของบริษัทเครื่องกรองอากาศที่ได้รับสัมปทานการดูแลแผ่นกรองอากาศของโรงพยาบาลเช่นกัน

## ห้อง NICU



รูปที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อจุลินทรีย์กับระยะเวลาการใช้งานของแผ่นกรองอากาศของห้อง NICU : a) ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด และ *Staphylococcus spp.*, b) ปริมาณเชื้อราทั้งหมด และ *Aspergillus spp.*

## 2.2 ห้อง PICU

ในส่วนการศึกษาถึงระยะเวลาการใช้งานของแผ่นกรองอากาศภายในห้อง PICU นั้นเครื่องปรับอากาศที่ใช้เป็นชนิดเดียวกันกับในห้อง NICU (รูปที่ 15) โดยแผ่นกรองอากาศที่ใช้เป็นชนิด Allerpy clear enzyme filter ขนาด 20x15 เซนติเมตร โดยสภาพแวดล้อมขณะทำการเก็บตัวอย่างในห้อง PICU นั้นสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 16



รูปที่ 15 เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในห้อง PICU

ตารางที่ 16 สภาพแวดล้อมโดยทั่วไปขณะที่ทำการเก็บตัวอย่างห้อง PICU

เดือน	สัปดาห์ ที่	ผู้ป่วย (คน)	แพทย์ (คน)	พยาบาล (คน)	แม่บ้าน (คน)	ญาติ (คน)	ผู้วิจัย (คน)	รวม (คน)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น (%)	เปิด/ปิด ประตู (ครั้ง)	หมายเหตุ
มีนาคม	1	6	2	3	1	-	2	14	27	58.9	2	- เปิดแอร์
	2	5	-	3	1	-	2	11	26.4	53.1	3	แพทย์/พยาบาล
	3	5	2	4	4	-	2	17	27.7	57.7	4	ทำงานปกติ มีการ
	4	6	2	4	3	-	3	18	27	60.1	3	เปิด-ปิด ประตูและ มีการเข้า-ออก ตลอดเวลาที่เก็บ ตัวอย่าง
เมษายน	1 (อ)	6	2	2	-	-	2	12	26.4	58.2	3	- เปิดแอร์
	1 (พ)	5	1	2	-	-	2	12	27.2	63.4	2	แพทย์/พยาบาล
	2 (อ)	5	1	2	1	-	1	10	28.3	57.9	4	ทำงานปกติ มีการ
	2 (พ)	5	1	3	1	-	1	11	27.8	64.0	2	เปิด-ปิด ประตูและ
	3 (อ)	5	2	3	1	1	1	13	27.3	61.7	3	มีการเข้า-ออก
	3 (พ)	5	2	3	1	-	1	10	27.5	63.4	3	ตลอดเวลาที่เก็บ
	4 (อ)	5	2	3	-	-	1	11	27.6	64.5	2	ตัวอย่าง
	4 (พ)	5	1	4	2	-	2	14	28.3	58.8	4	

หมายเหตุ : (อ) คือ วันอาทิตย์ และ (พ) คือ วันพุธ

ตารางที่ 16 สภาพแวดล้อมโดยทั่วไปขณะที่ทำการเก็บตัวอย่างห้อง PICU (ต่อ)

เดือน	สัปดาห์ ที่	ผู้ป่วย (คน)	แพทย์ (คน)	พยาบาล (คน)	แม่บ้าน (คน)	ญาติ (คน)	ผู้วิจัย (คน)	รวม (คน)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น (%)	เปิด/ปิด ประตู (ครั้ง)	หมายเหตุ
พฤษภาคม	1 (อ)	5	-	3	1	-	2	11	28.1	65.4	3	- เปิดแอร์
	1 (พ)	5	-	2	-	-	2	9	28.2	72.0	4	แพทย์/พยาบาล
	2 (อ)	5	-	3	1	-	2	11	26.8	64.2	3	ทำงานปกติ มีการ
	2 (พ)	5	1	2	-	-	2	10	27.2	62.4	3	เปิด-ปิด ประตู
	3 (อ)	5	1	2	-	-	2	10	26.8	62.0	2	และมีการเข้า-ออก
	3 (พ)	5	1	2	-	-	2	10	27.2	64.0	2	ตลอดเวลาที่เก็บ
	4 (อ)	5	1	2	-	-	2	10	26.4	62.8	4	ตัวอย่าง
	4 (พ)	5	1	2	-	-	2	10	27.1	62.8	3	

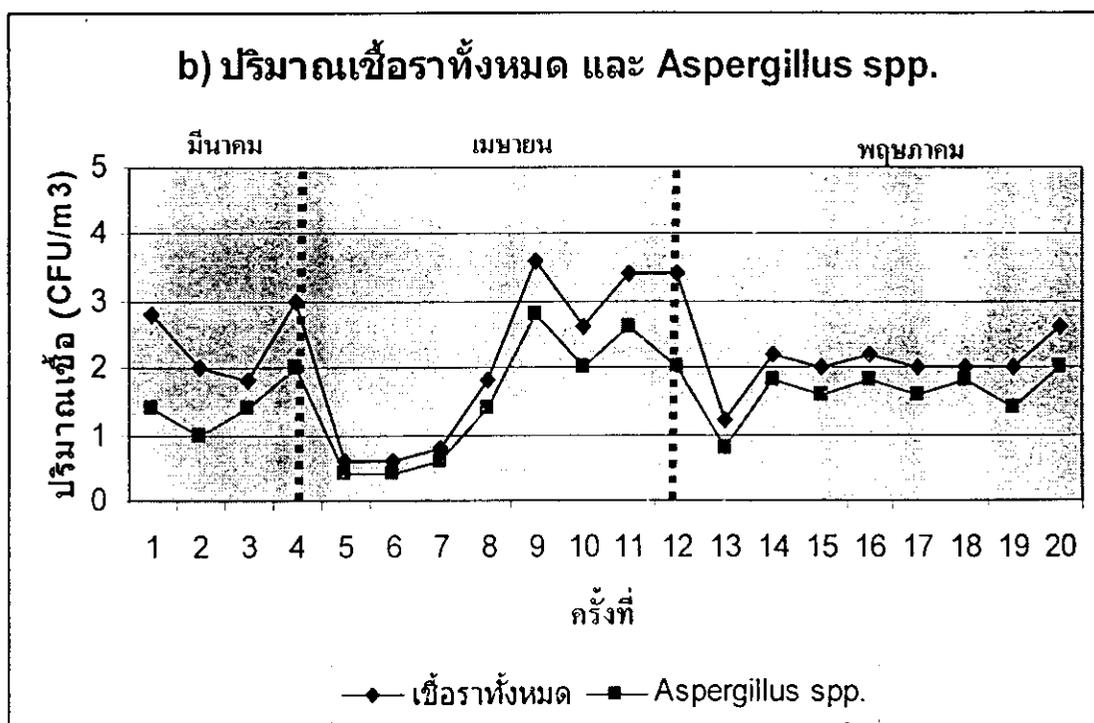
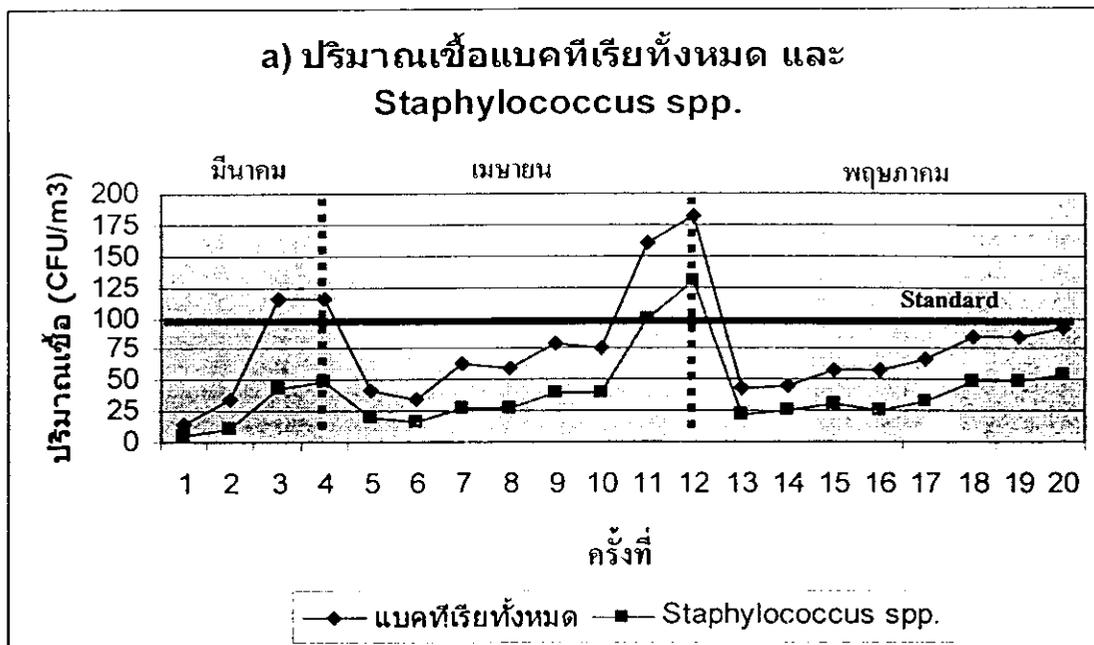
หมายเหตุ : (อ) คือ วันอาทิตย์ และ (พ) คือ วันพุธ

สำหรับห้อง PICU ที่ได้ทำการศึกษาถึงระยะเวลาการใช้งานของแผ่นกรองอากาศ โดยใช้ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด (Total Bacteria) ปริมาณเชื้อ *Staphylococcus spp.* ปริมาณเชื้อราทั้งหมด (Total Fungi) และปริมาณเชื้อ *Aspergillus spp.* เป็นตัวชี้วัดเช่นเดียวกับห้อง NICU นั้น ผลการศึกษาพบว่าปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา พบในปริมาณที่น้อยเมื่อทำการเก็บตัวอย่าง ในช่วงหลังจากการเปลี่ยนล้างแผ่นกรองอากาศ และมีปริมาณเชื้อที่เพิ่มขึ้นจนถึงจุด Breakpoint ในช่วงสัปดาห์ที่ 3 และ 4 ของแต่ละเดือน (รูปที่ 16) ซึ่งเป็นไปในทำนองเดียวกันกับห้อง NICU

เชื้อแบคทีเรียทั้งหมดที่พบเมื่อเริ่มต้นครั้งแรกในเดือนมีนาคม เมษายน และ พฤษภาคม คือ 10, 41.6 และ 43.4 CFU/m<sup>3</sup> ตามลำดับ มีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 116.2, 160.4 และ 85.4 CFU/m<sup>3</sup> ในสัปดาห์ที่ 4 ของแต่ละเดือน ตามลำดับ กล่าวคือเพิ่มขึ้นเป็น 1.96 – 11.62 เท่าตัวในช่วงเวลา 4 สัปดาห์ สำหรับเชื้อ *Staphylococcus spp.* เมื่อเริ่มต้นครั้งแรกในแต่ละเดือนที่ทำการศึกษา พบปริมาณเชื้อเป็น 6.2, 19 และ 21.2 CFU/m<sup>3</sup> ตามลำดับ และได้มีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 49.2, 98.6 และ 49.2 CFU/m<sup>3</sup> ในสัปดาห์ที่ 4 ของแต่ละเดือน ตามลำดับ กล่าวคือเพิ่มขึ้นเป็น 2.32 – 7.9 เท่าตัว ในช่วงเวลา 4 สัปดาห์เช่นกัน ส่วนเชื้อราทั้งหมดนั้นเมื่อเริ่มต้นครั้งแรกในแต่ละเดือนนั้น มีปริมาณ 2.8, 0.6 และ 1.2 CFU/m<sup>3</sup> ตามลำดับ และมีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 3, 3.4 และ 2 CFU/m<sup>3</sup> ในสัปดาห์ที่ 4 ของแต่ละเดือน ตามลำดับ กล่าวคือเพิ่มขึ้นเป็น 1.07 – 5.67 เท่าตัวในช่วงเวลา 4 สัปดาห์ สำหรับเชื้อ *Aspergillus spp.* พบเมื่อเริ่มต้นครั้งแรกของทุกๆเดือน คือ 1.4, 0.4 และ 0.8 CFU/m<sup>3</sup> ตามลำดับ พบเพิ่มขึ้นเป็น 2, 2.6 และ 1.4 CFU/m<sup>3</sup> ในสัปดาห์ที่ 4 ของแต่ละเดือน ตามลำดับ กล่าวคือเพิ่มขึ้นเป็น 1.42 – 6.5 เท่าตัวในช่วงเวลา 4 สัปดาห์เช่นกัน สรุปได้ว่าในรอบ 1 เดือน สำหรับห้อง PICU ปริมาณแบคทีเรียจะเพิ่มขึ้น 1.96-11.62 เท่าตัว ขณะที่เชื้อราจะเพิ่มขึ้น 1.42-6.5 เท่าตัว ซึ่งเชื้อแบคทีเรียมีอัตราการเพิ่มปริมาณมากกว่าเชื้อราเกือบถึง 2 เท่าตัว

ดังนั้นเชื้อแบคทีเรียยังคงเป็นเชื้อที่สำคัญที่มีค่าเกินมาตรฐานในห้อง PICU เช่นเดียวกับห้อง NICU โดยเกินค่ามาตรฐานที่ WHO กำหนดถึง 1.6 เท่า

## ห้อง PICU

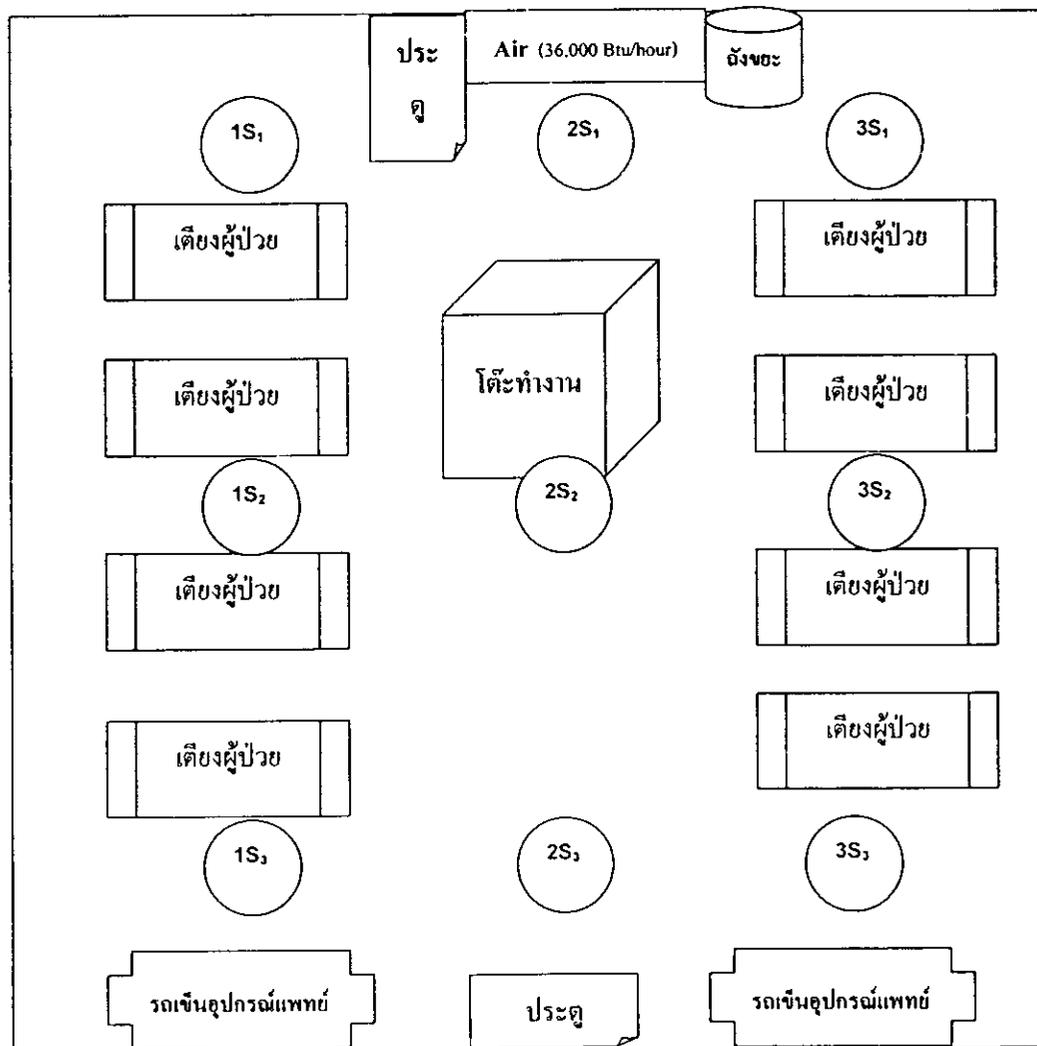


รูปที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อจุลินทรีย์กับระยะเวลาการใช้งานของแผ่นกรองอากาศของห้อง PICU : a) ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด และ *Staphylococcus spp.*, b) ปริมาณเชื้อราทั้งหมด และ *Aspergillus spp.*

### 3. การสำรวจจุดอับอากาศ

#### 3.1 NICU

การสำรวจจุดอับอากาศในแง่ของความเร็วลมและความสัมพันธ์ระหว่างจุดอับอากาศกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในบรรยากาศของหอผู้ป่วยแรกเกิดระยะวิกฤติกระทำทั้งหมด 9 จุด ดังรูปที่ 17 โดยสภาพทั่วไปภายในห้องแสดงได้ดังรูปที่ 18 โดยจากการศึกษาทั้งหมด 4 ครั้ง พบความเร็วลมอยู่ในช่วง 0.05 – 1.05 m/s (เฉลี่ย 0.31 m/s) อุณหภูมิอยู่ในช่วง 26 – 27 °C (เฉลี่ย 26.7 °C) และมีความชื้นสัมพัทธ์ (RH) อยู่ในช่วง 50.8 – 63.1% (เฉลี่ย 57.75%)



หมายเหตุ :  คือตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

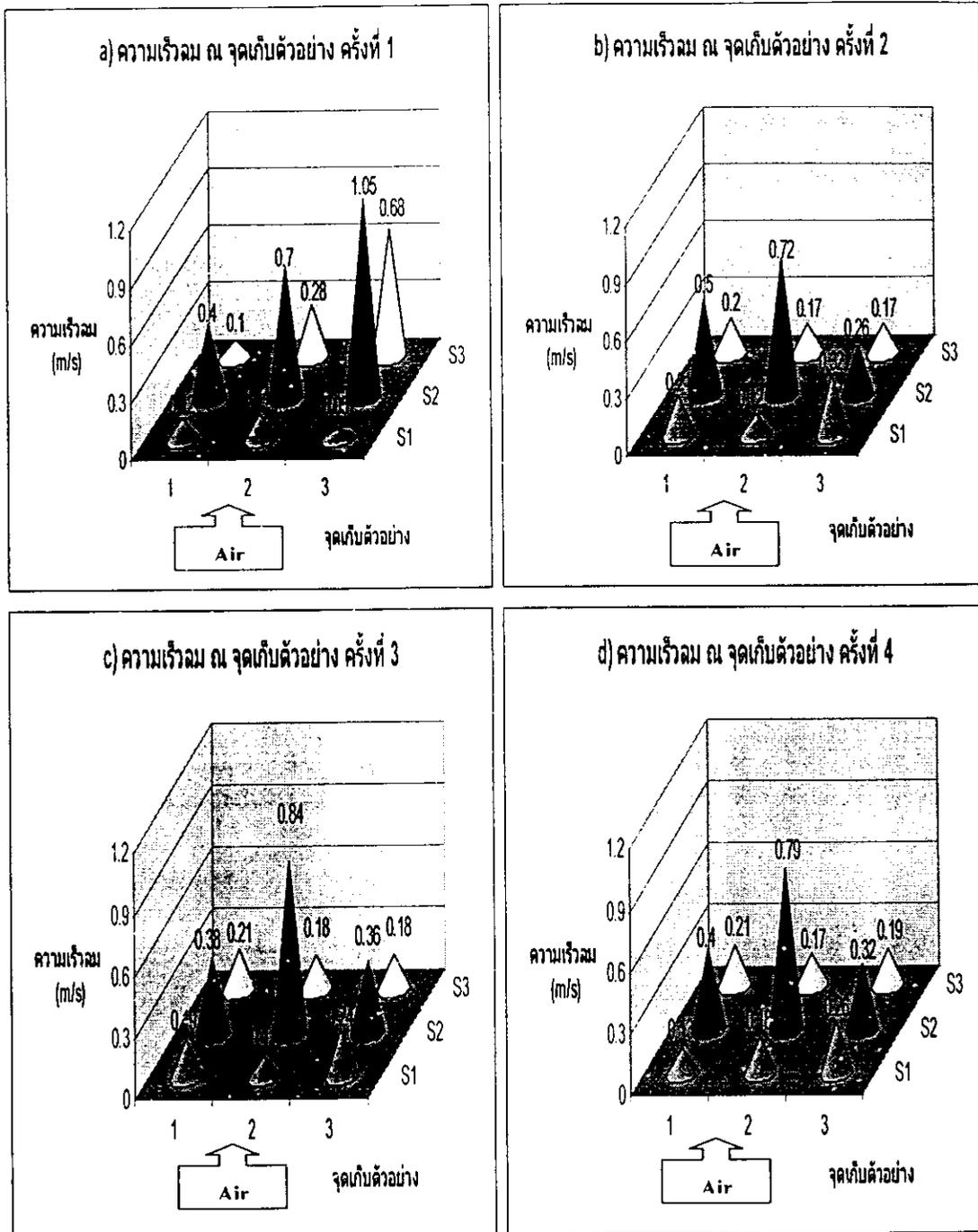
รูปที่ 17 แผนผังและตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างในห้อง NICU

ผลการศึกษา Field blank ในการสำรวจจุดอับอากาศทั้ง 4 ครั้งนั้น ไม่พบทั้งเชื้อแบคทีเรีย และเชื้อรา เนื่องจากในขณะที่ทำการขนส่งได้มีการเก็บใส่ถุงพลาสติกเป็นอย่างดี และมีการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อ Impactor ด้วยแอลกอฮอล์ 70% จึงไม่มีเชื้อหลงเหลือและปนเปื้อนในเครื่อง Andersen Impactor



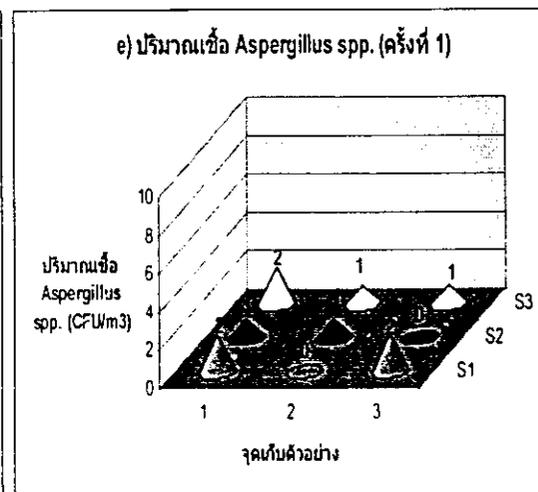
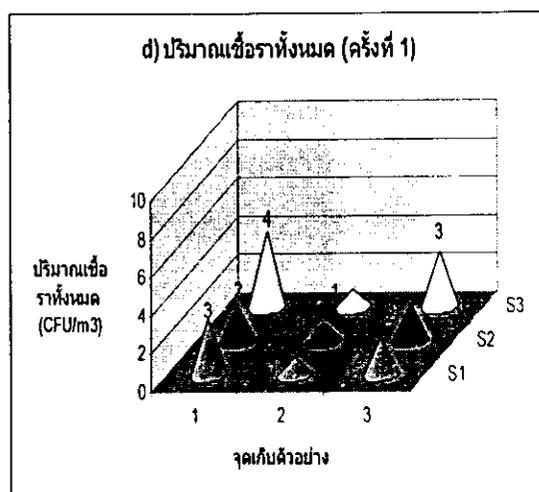
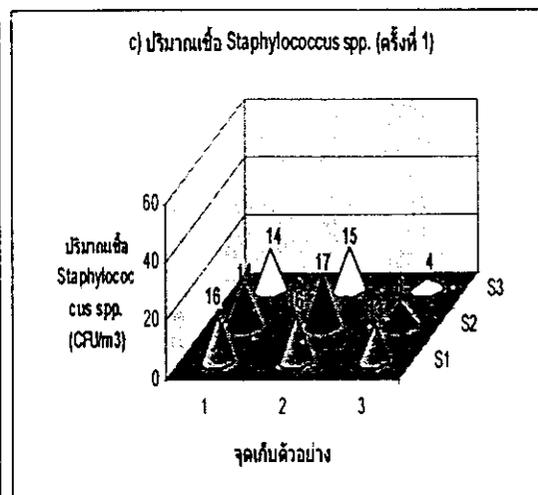
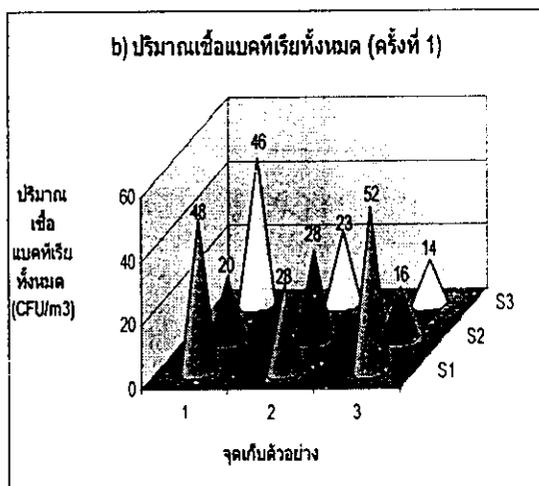
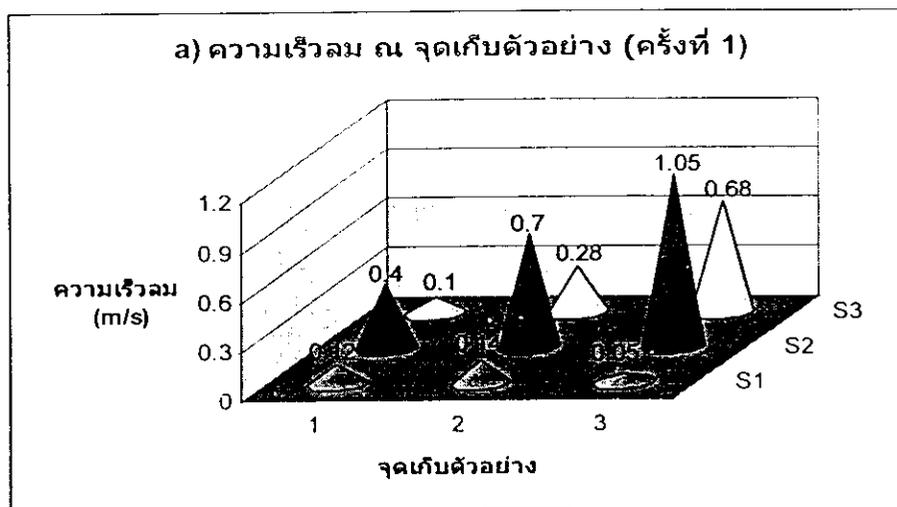
รูปที่ 18 สภาพทั่วไปภายในห้อง NICU

การกระจายตัวของความเร็วลมตามจุดต่างๆที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 4 ครั้ง แสดงได้ดังรูปที่ 19 โดยพบว่าบริเวณที่มีความเร็วลมสูงจะอยู่บริเวณตำแหน่งกลางห้อง บริเวณตำแหน่งที่  $1S_2$ ,  $2S_2$  และ  $3S_2$  ในรูปที่ 17 บริเวณดังกล่าวมีความเร็วลมเฉลี่ย 0.56 m/s ความเร็วลมต่ำสุด 0.26 m/s และความเร็วลมสูงสุด 1.05 m/s เนื่องจากบริเวณนั้นเป็นบริเวณที่ลมเย็นจากเครื่องปรับอากาศตกตัวลงมาพอดี ส่วนบริเวณที่มีความเร็วลมน้อยหรือจุดอับอากาศจะอยู่บริเวณมุมห้อง ในตำแหน่งที่  $1S_1$ ,  $2S_1$  และ  $3S_1$  โดยบริเวณนี้มีความเร็วลมเฉลี่ย 0.17 m/s ความเร็วลมต่ำสุด 0.05 m/s และความเร็วลมสูงสุด 0.32 m/s สาเหตุเนื่องจากอยู่บริเวณใต้เครื่องปรับอากาศ ส่วนตำแหน่งที่  $1S_3$ ,  $2S_3$  และ  $3S_3$  มีความเร็วลมเฉลี่ยในบริเวณนี้ 0.22 m/s ความเร็วลมต่ำสุด 0.1 m/s และความเร็วลมสูงสุด 0.68 m/s โดยอยู่ในตำแหน่งที่ไกลจากเครื่องปรับอากาศที่สุด ซึ่งความเร็วลมเริ่มกลับมาใกล้เคียงกับตำแหน่งใต้เครื่องปรับอากาศอีกครั้ง



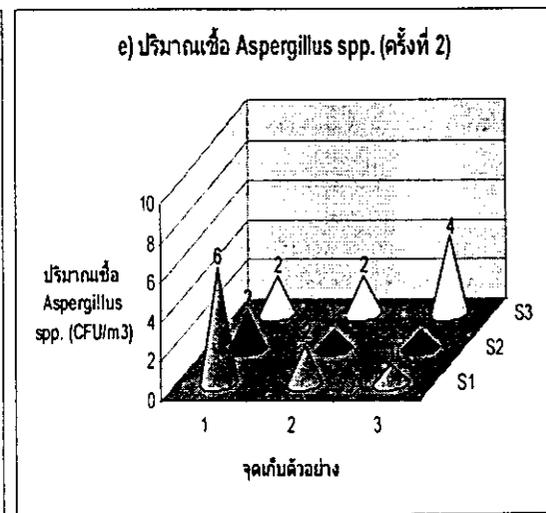
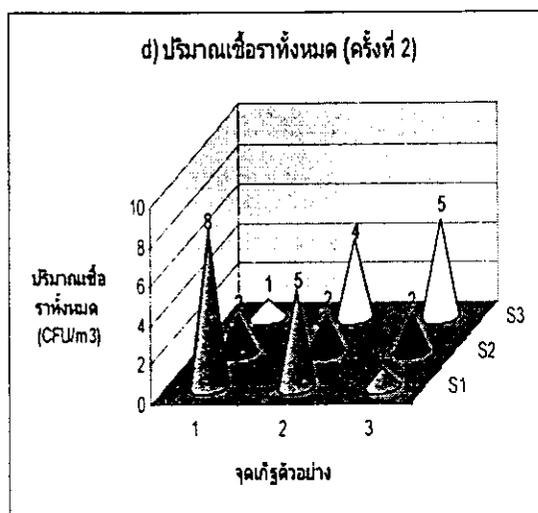
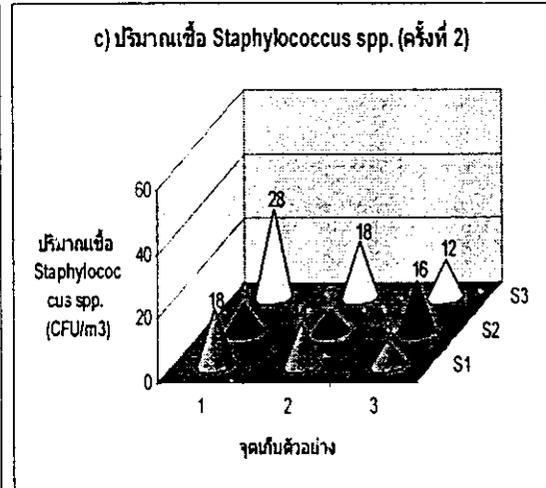
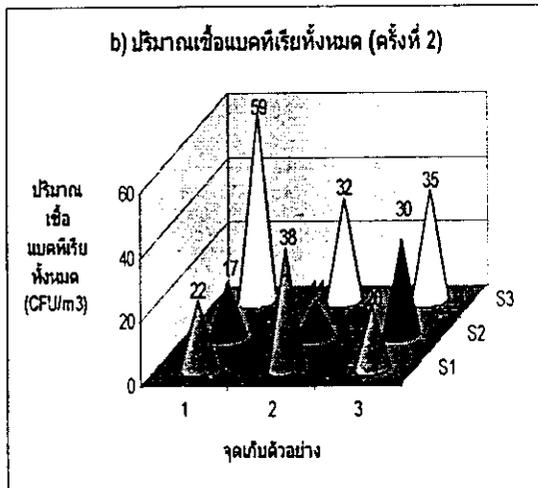
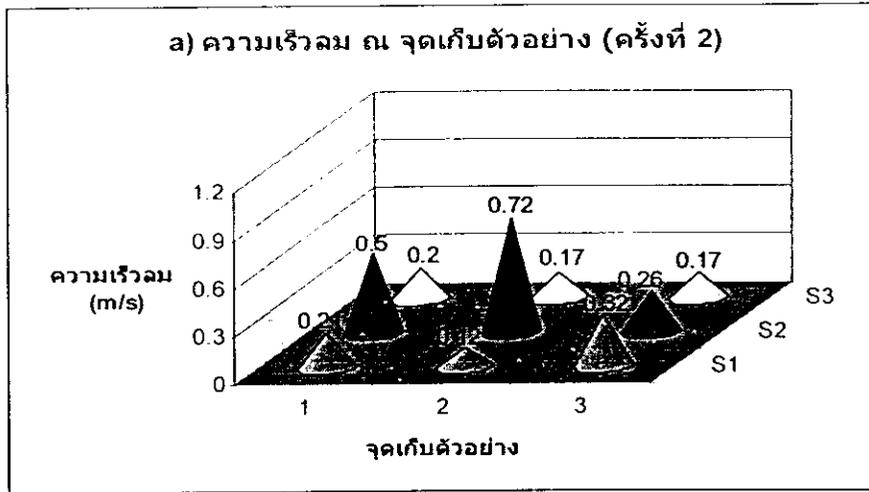
รูปที่ 19 ความเร็วลม ณ จุดเก็บตัวอย่างจำนวน 4 ครั้ง ของห้อง NICU:  
 a) ครั้งที่ 1, b) ครั้งที่ 2, c) ครั้งที่ 3, d) ครั้งที่ 4

ในส่วนของการสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อจุลินทรีย์กับจุดอับอากาศ พบว่าในการศึกษาทั้ง 4 ครั้ง ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด เชื้อ *Staphylococcus spp.* เชื้อราทั้งหมด และเชื้อ *Aspergillus spp.* จะมีปริมาณแปรผกผันกับความเร็วลม (รูปที่ 20 ถึง รูปที่ 23) กล่าวคือ ในการศึกษาครั้งที่ 1 พบจุดที่มีความเร็วลมสูงสุดที่ จุด 3S<sub>1</sub> มีความเร็วลม 1.05 m/s (รูปที่ 20a) แต่กลับพบปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดเพียง 16 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 20 b) พบเชื้อ *Staphylococcus spp.* เพียง 8 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 20 c) เชื้อราทั้งหมด 2 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 20d) และไม่พบเชื้อ *Aspergillus spp.* เลย (รูปที่ 20 e) ส่วนจุดที่ 3S<sub>2</sub> ซึ่งมีความเร็วลมน้อยที่สุดคือ 0.05 m/s (รูปที่ 20a) กลับพบเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดสูงสุด 52 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 20b) พบเชื้อ *Staphylococcus spp.* 13 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 20 c) เชื้อราทั้งหมด 2 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 20d) และพบเชื้อ *Aspergillus spp.* 2 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 20 e) โดยความเร็วลมที่ต่างกัน 1 m/s ทำให้มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดเพิ่มขึ้นถึง 3.3 เท่าตัว เชื้อ *Staphylococcus spp.* สูงขึ้น 1.6 เท่าตัว และเชื้อ *Aspergillus spp.* เพิ่มขึ้น 2 เท่าตัว โดยในห้องเดียวกันพบความเร็วลมต่างกันได้มากถึง 21 เท่า (0.05 m/s และ 1.05 m/s) พบเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดแตกต่างกัน 3.7 เท่า *Staphylococcus spp.* แตกต่างกัน 4.25 เท่า เชื้อราทั้งหมดแตกต่างกัน 4 เท่า และ *Aspergillus spp.* แตกต่างกัน 2 เท่า



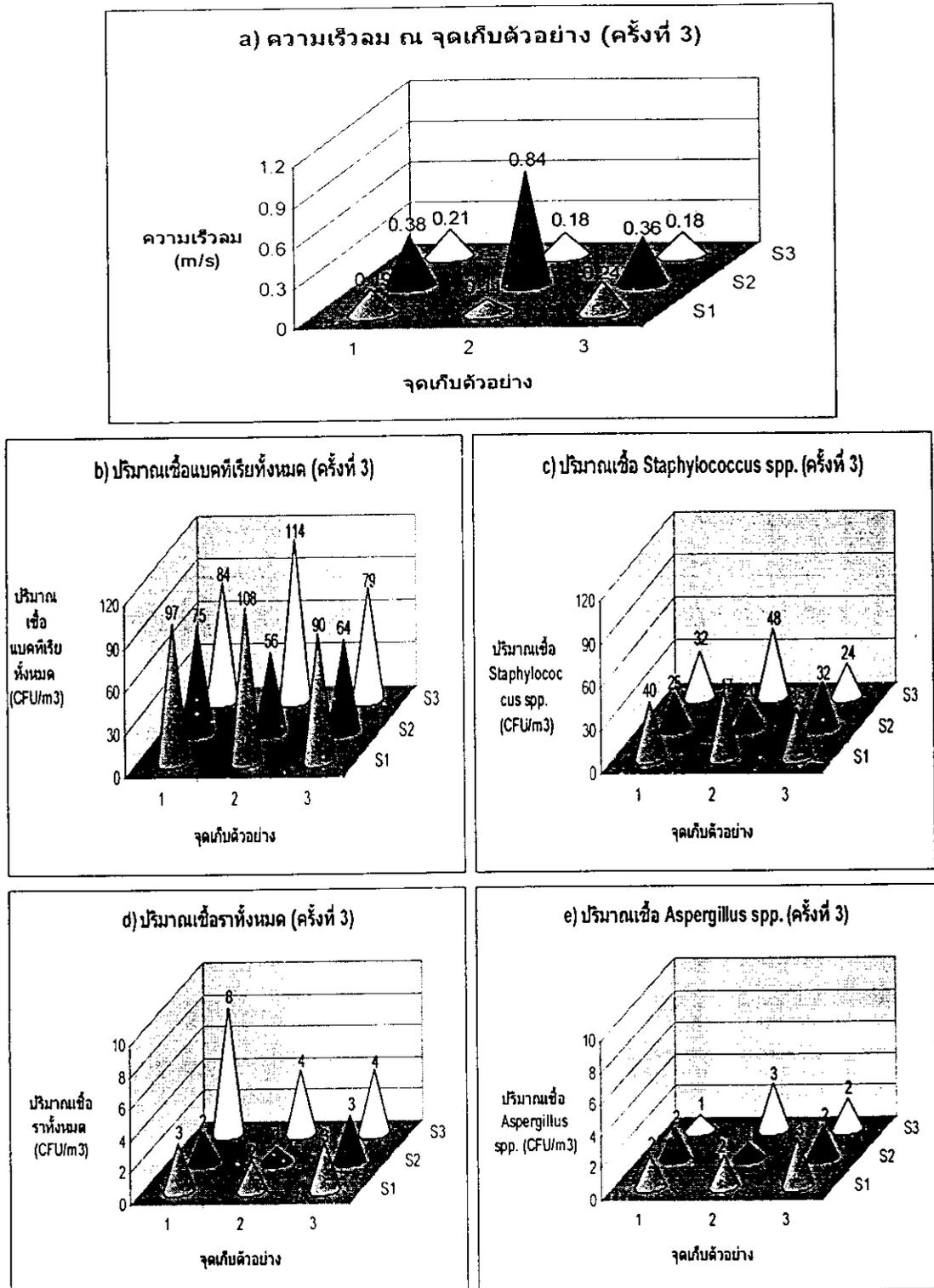
รูปที่ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม ณ จุดเก็บตัวอย่างต่างๆ ในห้อง NICU กับ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ครั้งที่ 1 : a) ความเร็วลม, b) ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด, c) ปริมาณเชื้อ *Staphylococcus spp.*, d) ปริมาณเชื้อราทั้งหมด, e) ปริมาณเชื้อ *Aspergillus spp.*

ในทำนองเดียวกัน ในการศึกษาครั้งที่ 2 จุดที่มีความเร็วลมสูงสุดที่ จุด 2S<sub>2</sub> มีความเร็วลม 0.72 m/s (รูปที่ 21a) แต่กลับพบปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดเพียง 11 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 21 b) พบเชื้อ *Staphylococcus spp.* เพียง 7 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 21 c) เชื้อราทั้งหมด 2 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 21d) และพบเชื้อ *Aspergillus spp.* 1 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 21 e) ส่วนจุดที่ 2S<sub>2</sub> ซึ่งมีความเร็วลมน้อยที่สุดคือ 0.12 m/s (รูปที่ 21a) กลับพบเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด 38 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 21b) พบเชื้อ *Staphylococcus spp.* 14 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 21c) เชื้อราทั้งหมด 5 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 21d) และพบเชื้อ *Aspergillus spp.* 2 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 21e) โดยความเร็วลมที่ต่างกัน 0.6 m/s ทำให้มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดเพิ่มขึ้นถึง 3.45 เท่าตัว เชื้อ *Staphylococcus spp.* สูงขึ้น 2 เท่าตัว เชื้อราทั้งหมด 2.5 เท่าตัว และเชื้อ *Aspergillus spp.* เพิ่มขึ้น 2 เท่าตัว โดยในห้องเดียวกันพบความเร็วลมต่างกันได้มากถึง 6 เท่า (0.12 m/s และ 0.72 m/s)



รูปที่ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม ณ จุดเก็บตัวอย่างต่างๆในห้อง NICU กับ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ครั้งที่ 2 : a) ความเร็วลม, b) ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด, c) ปริมาณเชื้อ *Staphylococcus spp.*, d) ปริมาณเชื้อราทั้งหมด, e) ปริมาณเชื้อ *Aspergillus spp.*

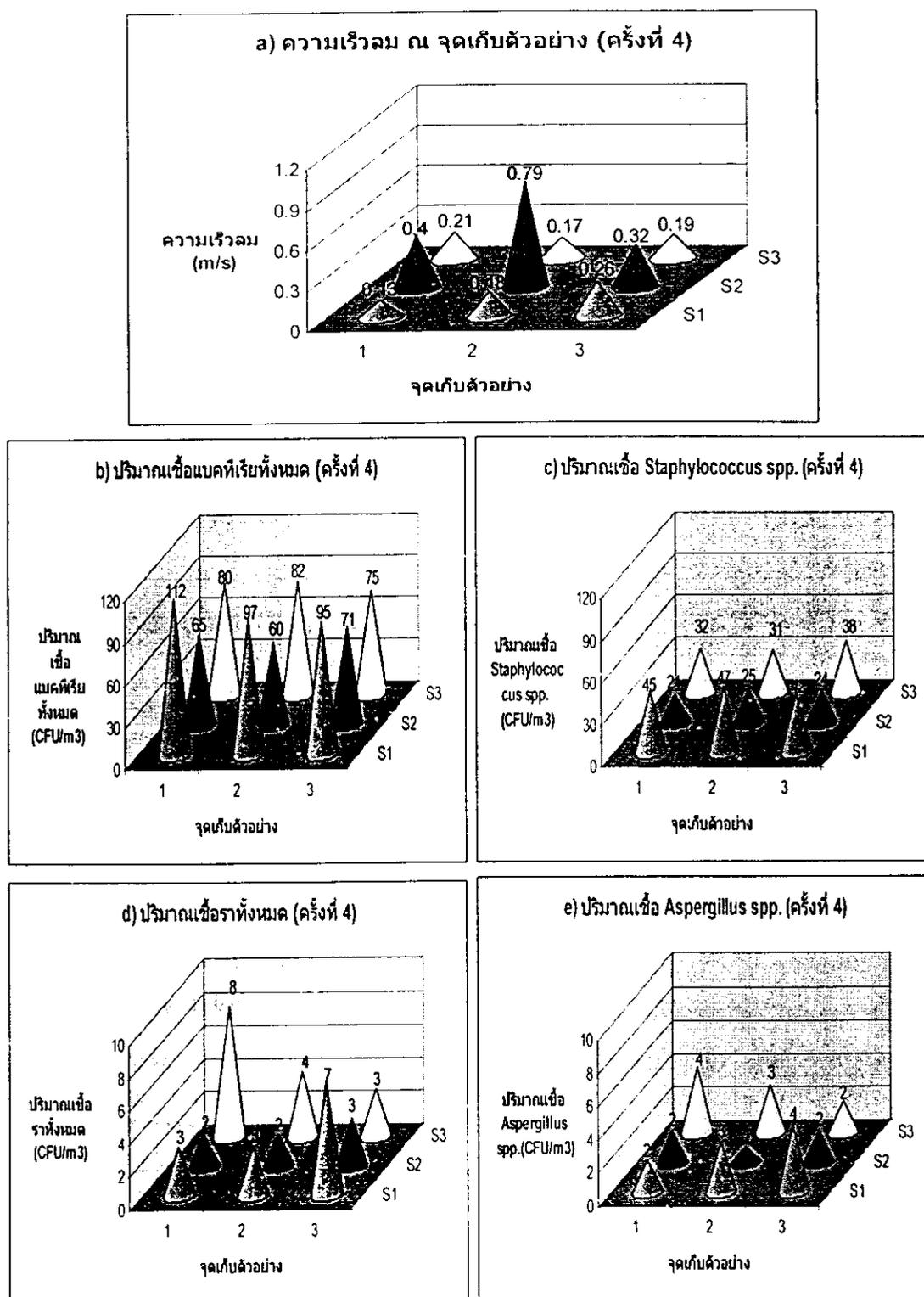
ในรูปที่ 22 จุดที่มีความเร็วลมสูงสุดอยู่ที่ จุด 2S<sub>2</sub> เช่นเดียวกัน โดยมีความเร็วลม 0.84 m/s (รูปที่ 22a) แต่กลับพบปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดน้อยที่สุดเพียง 56 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 22b) พบเชื้อ *Staphylococcus spp.* เพียง 20 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 21c) เชื้อราทั้งหมด 1 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 22d) และพบเชื้อ *Aspergillus spp.* 1 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 22e) ส่วนจุดที่ 2S<sub>1</sub> ซึ่งมีความเร็วลมน้อยที่สุดคือ 0.11 m/s (รูปที่ 22a) กลับพบเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดสูงถึง 108 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 21b) พบเชื้อ *Staphylococcus spp.* 47 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 22c) เชื้อราทั้งหมด 2 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 22d) และพบเชื้อ *Aspergillus spp.* 2 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 22e) โดยความเร็วลมที่ต่างกัน 0.73 m/s ทำให้มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดเพิ่มขึ้นถึง 1.9 เท่าตัว เชื้อ *Staphylococcus spp.* สูงขึ้น 2.4 เท่าตัว เชื้อราทั้งหมด 2 เท่าตัว และเชื้อ *Aspergillus spp.* เพิ่มขึ้น 2 เท่าตัว โดยในห้องเดียวกันพบความเร็วลมนั้นต่างกันได้มากถึง 7.6 เท่า (0.11 m/s และ 0.84 m/s) โดยนอกจากจุด 2S<sub>1</sub> ซึ่งเป็นจุดที่มีความเร็วลมน้อยที่สุดนี้แล้วยังพบจุด 2S<sub>3</sub> ซึ่งมีความเร็วลมเพียง 0.18 m/s พบเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดมากกว่ามาตรฐานที่กำหนด (100 CFU/m<sup>3</sup>) คือ 114 CFU/m<sup>3</sup> อีกด้วย (รูปที่ 22b)



รูปที่ 22 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม ณ จุดเก็บตัวอย่างต่างๆในห้อง NICU กับ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ครั้งที่ 3 : a) ความเร็วลม, b) ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด, c) ปริมาณเชื้อ *Staphylococcus spp.*, d) ปริมาณเชื้อราทั้งหมด, e) ปริมาณเชื้อ *Aspergillus spp.*

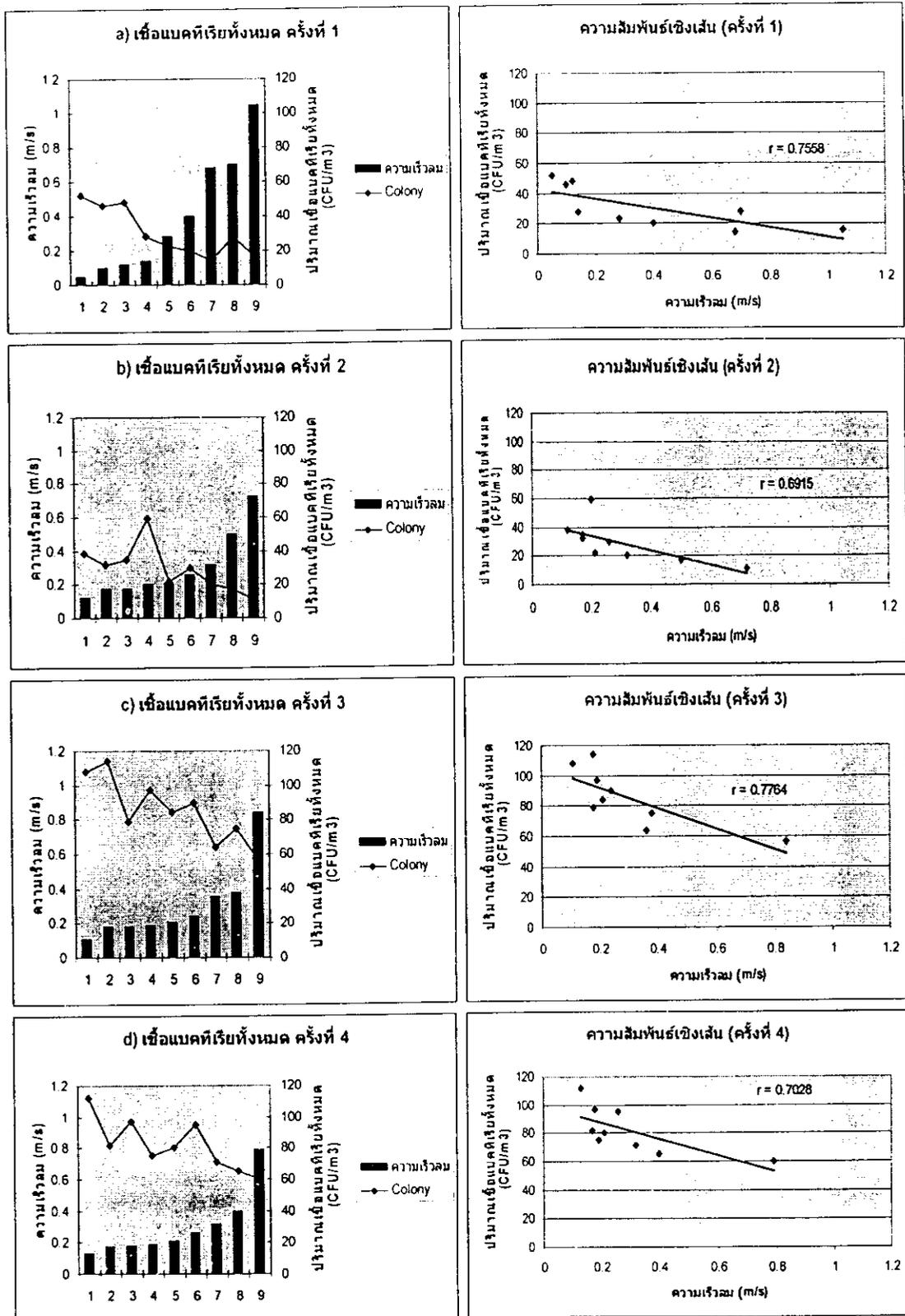
การศึกษาครั้งที่ 4 แสดงได้ในรูปที่ 23 จุดที่มีความเร็วลมสูงสุดที่ จุด 2S<sub>2</sub> มีความเร็วลม 0.79 m/s (รูปที่ 23a) แต่กลับพบปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดน้อยที่สุดเพียง 60 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 23b) พบเชื้อ *Staphylococcus spp.* เพียง 25 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 23c) เชื้อราทั้งหมด 3 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 23d) และพบเชื้อ *Aspergillus spp.* น้อยที่สุดเช่นกันคือ 1 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 23e) ส่วนจุดที่ 1S<sub>1</sub> ซึ่งมีความเร็วลมน้อยที่สุดคือ 0.13 m/s (รูปที่ 23a) กลับพบเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดสูงสุดคือ 112 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 23b) ซึ่งสูงเกินค่ามาตรฐานของ WHO เช่นกัน พบเชื้อ *Staphylococcus spp.* 45 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 23c) เชื้อราทั้งหมด 3 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 22d) และพบเชื้อ *Aspergillus spp.* 2 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 23e) โดยความเร็วลมที่ต่างกัน 0.66 m/s ทำให้มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดเพิ่มขึ้นถึง 1.87 เท่าตัว เชื้อ *Staphylococcus spp.* สูงขึ้น 1.8 เท่าตัว เชื้อราทั้งหมด 1.5 เท่าตัว และเชื้อ *Aspergillus spp.* เพิ่มขึ้น 3 เท่าตัว โดยในห้องเดียวกันพบความเร็วลมนั้นต่างกันได้มากถึง 6.08 เท่า (0.13 m/s และ 0.79 m/s)

จากความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายตัวของเชื้อจุลินทรีย์กับความเร็วลมที่แสดงให้เห็นนั้น ในจุดอับอากาศต่างๆควรมีการปรับปรุงและไม่ควรจัดให้มีเตียงผู้ป่วยอยู่ เพื่อเฝ้าระวังไม่ให้ได้รับปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดเกินไปกว่ามาตรฐานที่ WHO กำหนดไว้ที่ 100 CFU/m<sup>3</sup> (Ross ., et al, 2004)



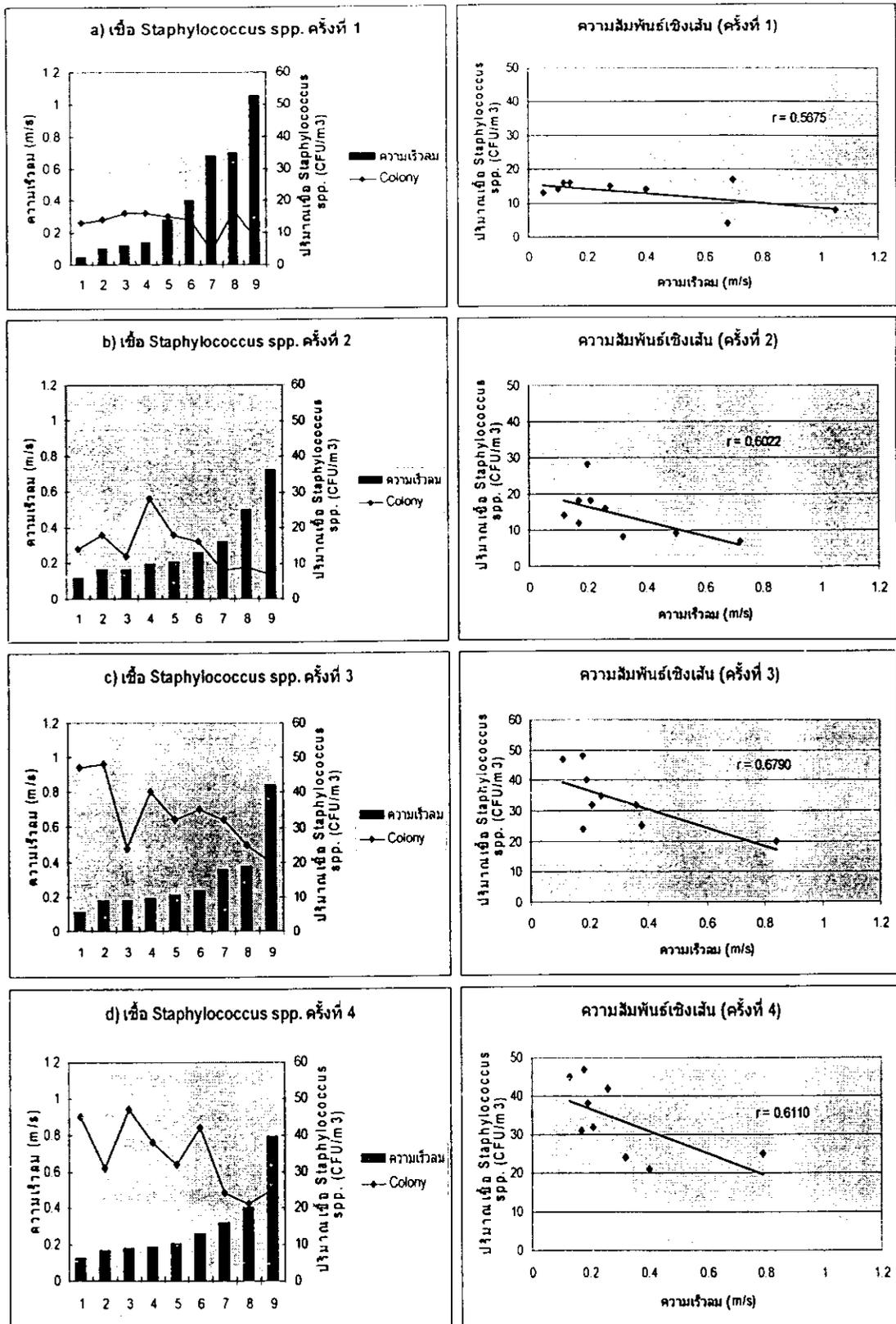
รูปที่ 23 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม ณ จุดเก็บตัวอย่างต่างๆ ในห้อง NICU กับ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ครั้งที่ 4 : a) ความเร็วลม, b) ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด, c) ปริมาณเชื้อ *Staphylococcus spp.*, d) ปริมาณเชื้อราทั้งหมด, e) ปริมาณเชื้อ *Aspergillus spp.*

จากความสัมพันธ์ที่แปรผกผันกันระหว่างความเร็วลม ณ จุดต่างๆภายในห้องกับ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์นั้น สามารถสรุปผลในรูปของความสัมพันธ์เชิงเส้น โดยแยกเป็นความสัมพันธ์ กับเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด (รูปที่ 24) ความสัมพันธ์กับเชื้อ *Staphylococcus spp.* (รูปที่ 25) ความสัมพันธ์กับเชื้อราทั้งหมด (รูปที่ 26) และความสัมพันธ์กับเชื้อ *Aspergillus spp.* (รูปที่ 27) โดย พบว่าเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดและเชื้อ *Staphylococcus spp.* สัมพันธ์กับความเร็วลมอย่างเห็นได้ชัด (ค่า  $r$  เหลือ = 0.73 และ 0.61 ตามลำดับ) โดยมีแนวโน้มว่าความเร็วลมน้อยจะพบเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด มาก และในทำนองเดียวกันถ้าความเร็วลมมากขึ้นก็จะพบปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดน้อยลง เช่นเดียวกัน ดังรูปที่ 24a), 24c) และ 24d) ส่วนในรูปที่ 24b) มีเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้น บริเวณความเร็วลมจุดที่ 4 สันนิษฐานว่าจำนวนคนมีผลต่อปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด เนื่องจาก ขณะที่ทำการเก็บตัวอย่าง ณ จุดเก็บตัวอย่างที่มีปริมาณเชื้อเพิ่มขึ้นผิดปกติ มีนักศึกษาแพทย์จำนวน 5 คน กำลังปฏิบัติดูแลผู้ป่วยขณะนั้น โดยเชื้อ *Staphylococcus spp.* มาจากการพูดคุยของผู้ที่ เกี่ยวข้อง ไม่ว่าจะเป็นแพทย์ พยาบาล นักศึกษาแพทย์แม่บ้าน รวมทั้งญาติผู้ป่วยเอง จึงอาจเป็น สาเหตุของการเพิ่มขึ้นของเชื้อดังกล่าวได้



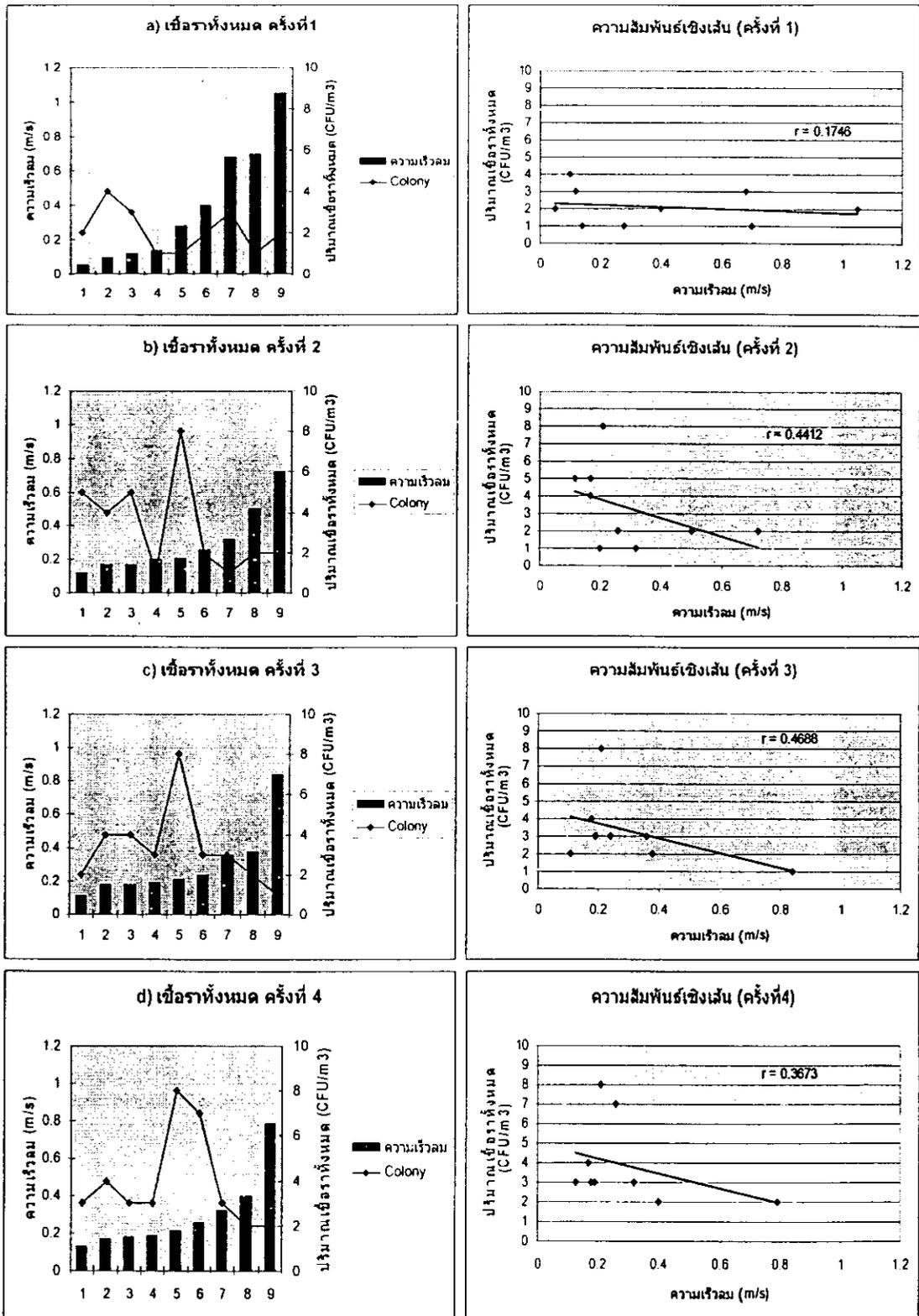
รูปที่ 24

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดในห้อง NICU:  
 a) ครั้งที่ 1, b) ครั้งที่ 2, c) ครั้งที่ 3, d) ครั้งที่ 4



รูปที่ 25 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับปริมาณเชื้อ *Staphylococcus spp.* ในห้อง NICU: a) ครั้งที่ 1, b) ครั้งที่ 2, c) ครั้งที่ 3, d) ครั้งที่ 4

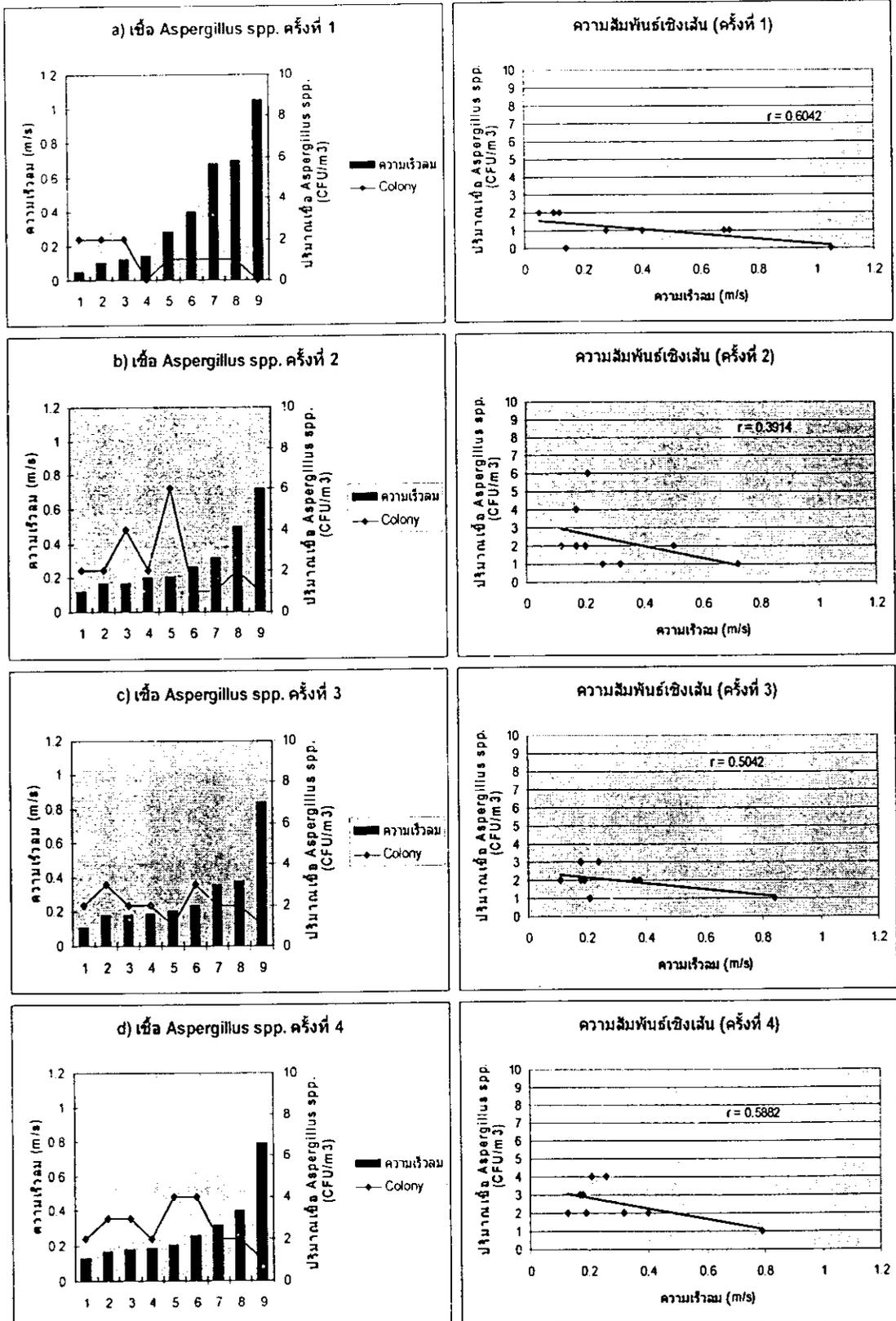
สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับปริมาณเชื้อราทั้งหมดมีค่าความสัมพันธ์เชิงเส้น เฉลี่ย 0.36 น้อยกว่าความสัมพันธ์ของเชื้อแบคทีเรียอย่างเห็นได้ชัด อีกทั้งมีความไม่คงที่ของกราฟที่เพิ่มขึ้น-ลดลงไม่เป็นไปในทำนองเดียวกัน (รูปที่ 26) เช่นเดียวกับเชื้อ *Aspergillus spp.* ที่มีค่า  $r$  เฉลี่ย 0.52 (รูปที่ 27)



รูปที่ 26

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับปริมาณเชื้อราทั้งหมดในห้อง NICU:

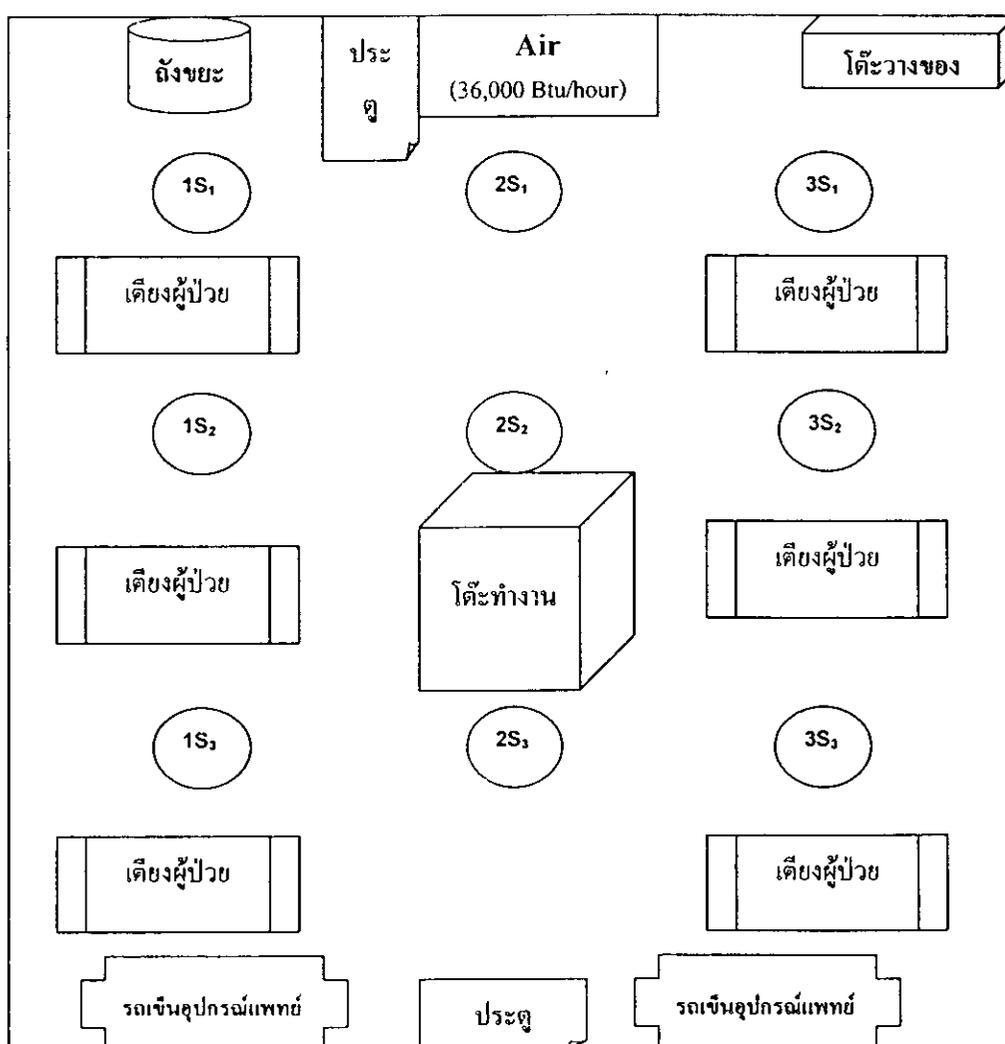
a) ครั้งที่ 1, b) ครั้งที่ 2, c) ครั้งที่ 3, d) ครั้งที่ 4

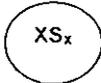


รูปที่ 27 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับปริมาณเชื้อ *Aspergillus spp.* ในห้อง NICU: a) ครั้งที่ 1, b) ครั้งที่ 2, c) ครั้งที่ 3, d) ครั้งที่ 4

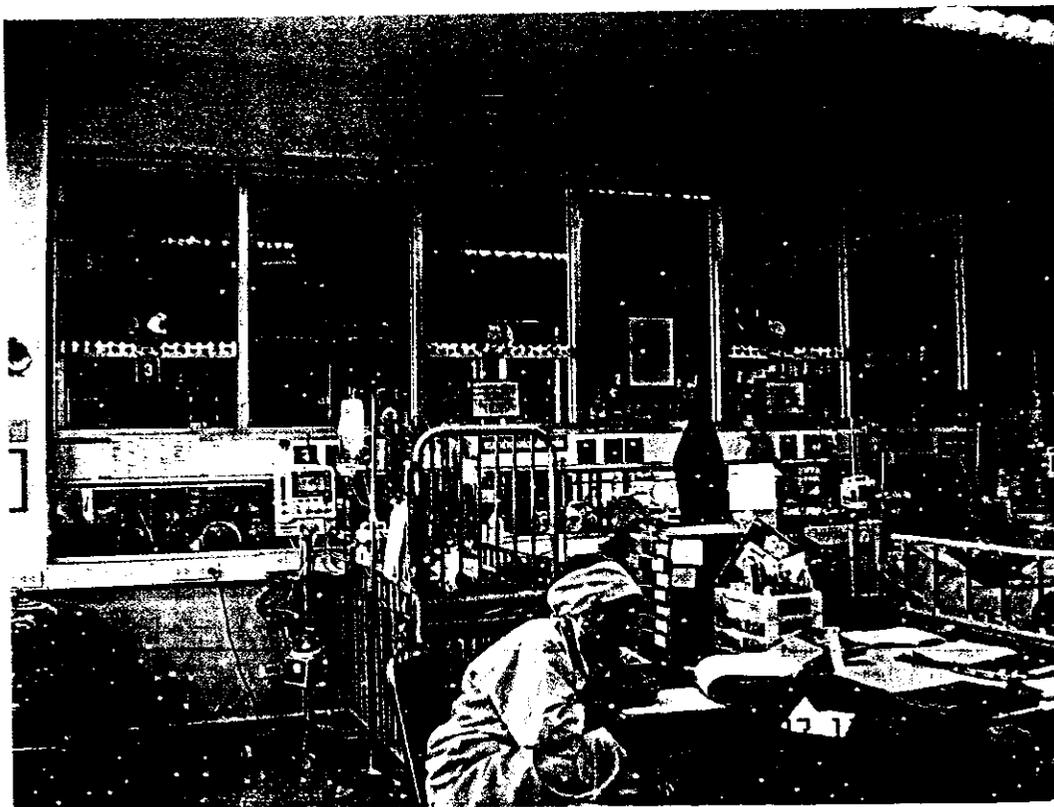
### 3.2 ห้อง PICU

การสำรวจจุดอับอากาศในแง่ของความเร็วลมและความสัมพันธ์ระหว่างจุดอับอากาศกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในบรรยากาศของหอผู้ป่วยเด็กระยะวิกฤตินั้นกระทำทั้งหมด 9 จุด เก็บตัวอย่าง ดังรูปที่ 28 โดยสภาพทั่วไปภายในห้อง แสดงได้ดังรูปที่ 29 โดยจากการศึกษาทั้งหมด 4 ครั้ง พบความเร็วลมอยู่ในช่วง 0.06 – 0.98 m/s (เฉลี่ย 0.30 m/s) อุณหภูมิอยู่ในช่วง 26.4 – 27°C (เฉลี่ย 26.78 °C) และมีความชื้นสัมพัทธ์ (RH) อยู่ในช่วง 53.1– 60% (เฉลี่ย 57.25%)



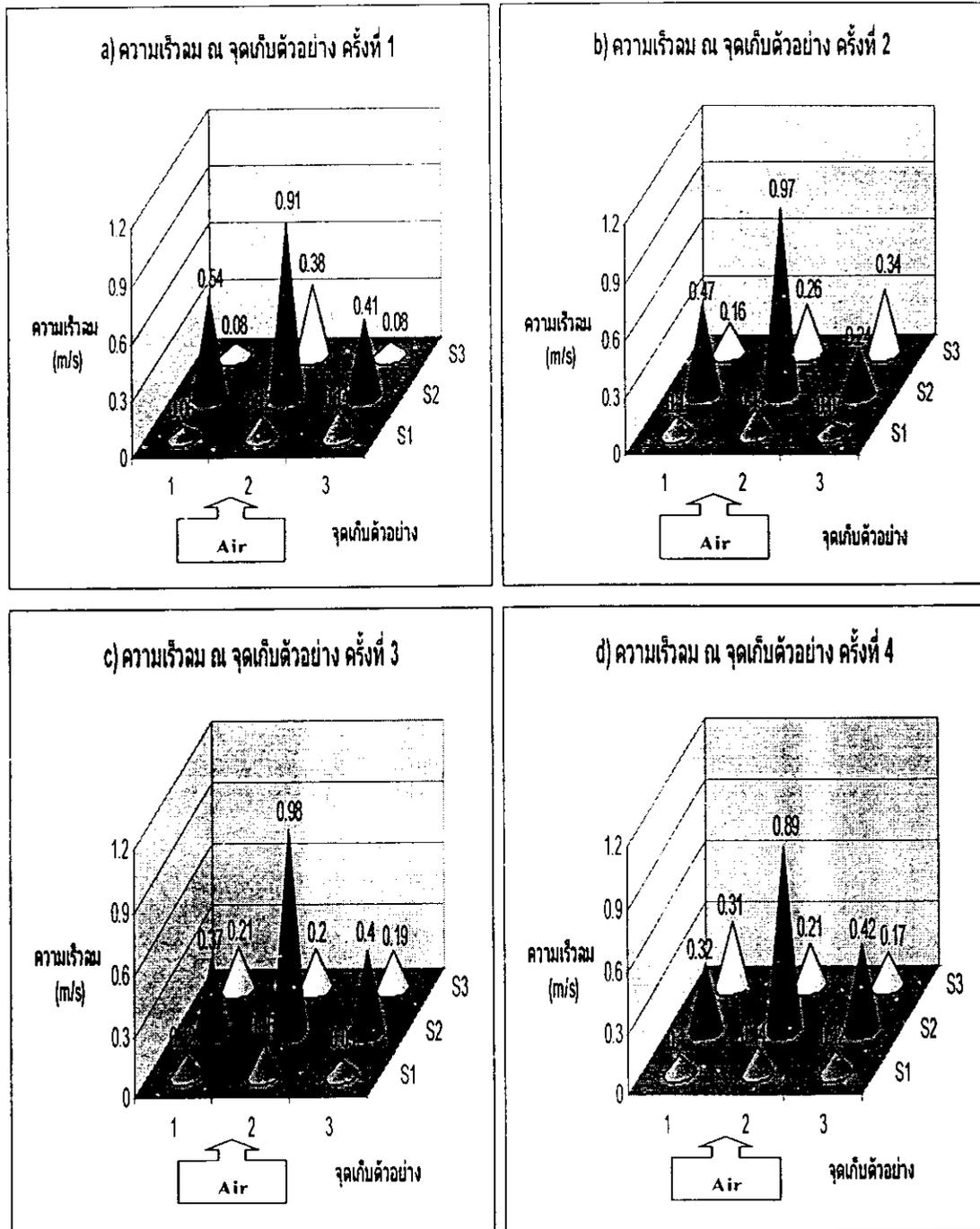
หมายเหตุ :  คือตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

รูปที่ 28 แผนผังและตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างห้อง PICU



รูปที่ 29 สภาพทั่วไปภายในห้อง PICU

การกระจายตัวของความเร็วลมตามจุดต่างๆที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 4 ครั้ง แสดงได้ดังรูปที่ 30 โดยพบว่าบริเวณที่มีความเร็วลมสูงจะอยู่บริเวณตำแหน่งกลางห้อง บริเวณตำแหน่งที่  $1S_2$ ,  $2S_2$  และ  $3S_2$  ของรูปที่ 28 บริเวณดังกล่าวมีความเร็วลมเฉลี่ย 0.57 m/s ความเร็วลมต่ำสุด 0.24 m/s และความเร็วลมสูงสุด 0.98 m/s เนื่องจากบริเวณนั้นเป็นบริเวณที่ลมเย็นจากเครื่องปรับอากาศตกตัวลงมาพอดี ส่วนบริเวณที่มีความเร็วลมน้อยหรือจุดอับอากาศจะอยู่บริเวณมุมห้อง ในตำแหน่งที่  $1S_1$ ,  $2S_1$  และ  $3S_1$  โดยบริเวณนี้มีความเร็วลมเฉลี่ย 0.11 m/s ความเร็วลมต่ำสุด 0.06 m/s และความเร็วลมสูงสุด 0.16 m/s สาเหตุเนื่องจากอยู่บริเวณใต้เครื่องปรับอากาศ ส่วนตำแหน่งที่  $1S_3$ ,  $2S_3$  และ  $3S_3$  มีความเร็วลมเฉลี่ยในบริเวณนี้ 0.22 m/s ความเร็วลมต่ำสุด 0.08 m/s และความเร็วลมสูงสุด 0.38 m/s โดยอยู่ในตำแหน่งที่ไกลจากเครื่องปรับอากาศที่สุด

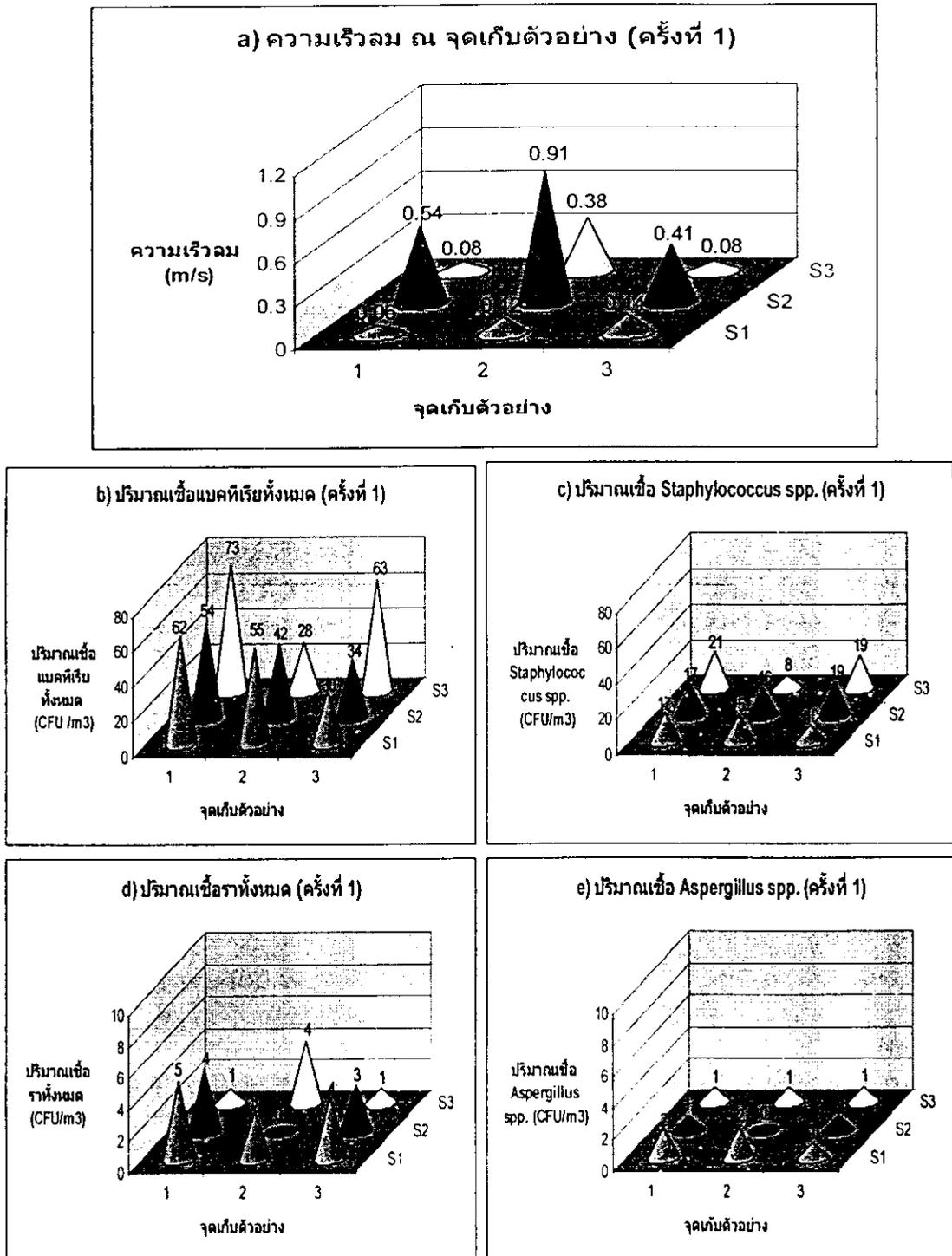


รูปที่ 30

ความเร็วลม ณ จุดเก็บตัวอย่างจำนวน 4 ครั้ง ของห้อง PICU:

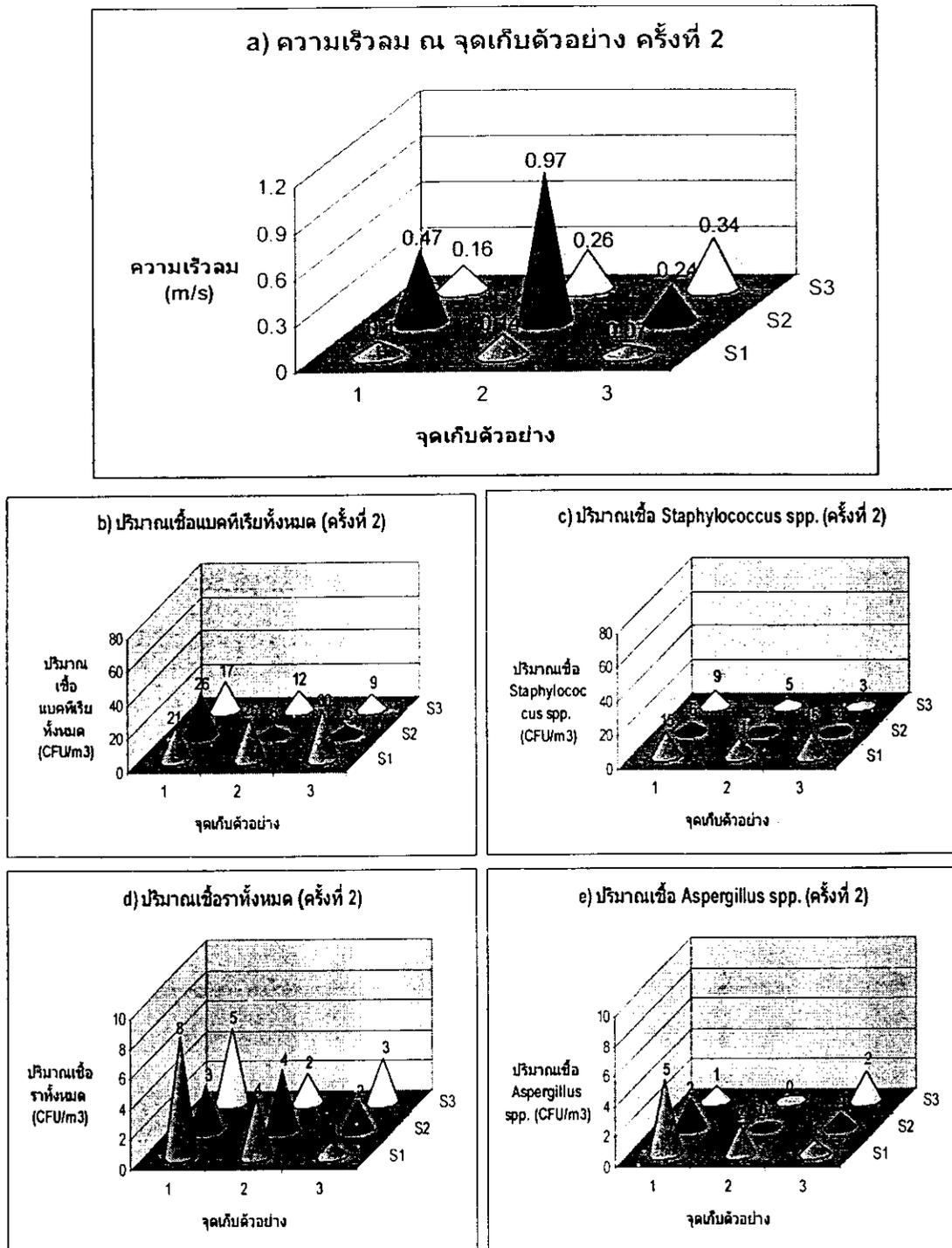
a) ครั้งที่ 1, b) ครั้งที่ 2, c) ครั้งที่ 3, d) ครั้งที่ 4

ในส่วนของการสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อจุลินทรีย์กับจุดอากาศ พบว่าในการศึกษาทั้ง 4 ครั้ง ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด เชื้อ *Staphylococcus spp.* เชื้อราทั้งหมด และเชื้อ *Aspergillus spp.* จะมีปริมาณแปรผกผันกับความเร็วลม (รูปที่ 31 ถึง รูปที่ 34) กล่าวคือ ในการศึกษาครั้งที่ 1 พบจุดที่มีความเร็วลมสูงสุดที่ จุด 2S<sub>2</sub> มีความเร็วลม 0.91 m/s (รูปที่ 31a) แต่กลับพบปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดเพียง 42 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 31b) พบเชื้อ *Staphylococcus spp.* เพียง 16 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 31c) เชื้อราทั้งหมดและเชื้อ *Aspergillus spp.* ไม่พบเลย (รูปที่ 31d และ 31e) ส่วนจุดที่ 1S<sub>1</sub> ซึ่งมีความเร็วลมน้อยที่สุดคือ 0.06 m/s (รูปที่ 31a) กลับพบเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดสูงถึง 62 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 32b) พบเชื้อ *Staphylococcus spp.* 17 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 31c) เชื้อราทั้งหมด 5 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 31d) และพบเชื้อ *Aspergillus spp.* 2 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 31e) โดยความเร็วลมที่ต่างกัน 0.85 m/s ทำให้มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดเพิ่มขึ้นถึง 1.5 เท่าตัว เชื้อ *Staphylococcus spp.* สูงขึ้น 1.06 เท่าตัว และเชื้อ *Aspergillus spp.* เพิ่มขึ้น 2 เท่าตัว โดยในห้องเดียวกันพบความเร็วลมต่างกันได้มากถึง 15.2 เท่า (0.06 m/s และ 0.91 m/s)



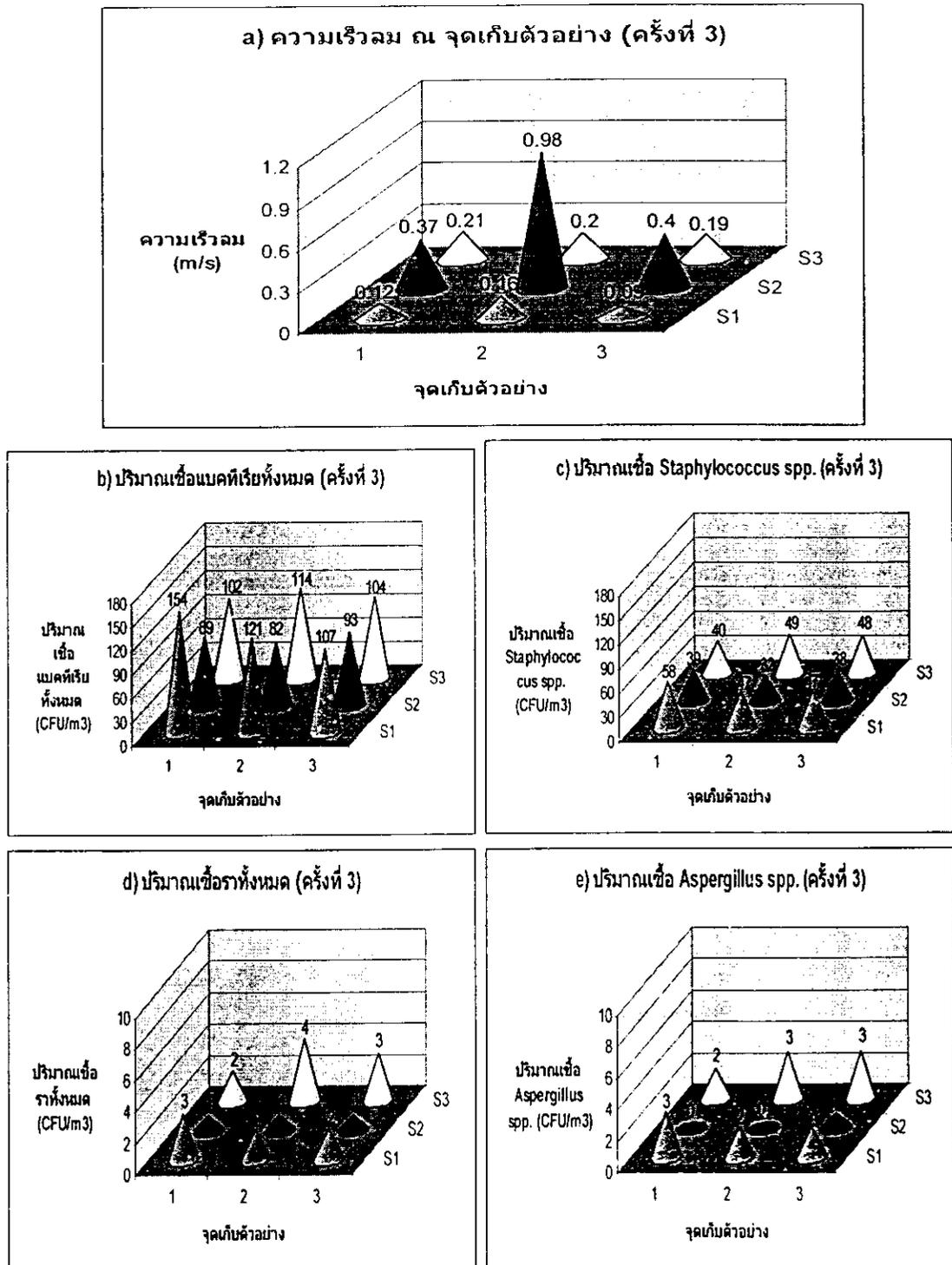
รูปที่ 31 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม ณ จุดเก็บตัวอย่างต่างๆในห้อง PICU กับ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ครั้งที่ 1 : a) ความเร็วลม, b) ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด, c) ปริมาณเชื้อ *Staphylococcus spp.*, d) ปริมาณเชื้อราทั้งหมด, e) ปริมาณเชื้อ *Aspergillus spp.*

ในการศึกษาครั้งที่ 2 จุดที่มีความเร็วลมสูงสุดที่ จุด 2S<sub>2</sub> มีความเร็วลม 0.97 m/s (รูปที่ 32a) แต่กลับพบปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดเพียง 6 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 32b) พบเชื้อ *Staphylococcus spp.* เพียง 3 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 32c) เชื้อราทั้งหมด 4 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 32d) และไม่พบเชื้อ *Aspergillus spp.* เลย (รูปที่ 32e) ส่วนจุดที่ 3S<sub>1</sub> ซึ่งมีความเร็วลมน้อยที่สุดคือ 0.07 m/s (รูปที่ 32a) กลับพบเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดสูงสุด 30 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 32b) พบเชื้อ *Staphylococcus spp.* 15 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 32c) เชื้อราทั้งหมด 1 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 32d) และพบเชื้อ *Aspergillus spp.* 1 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 32e) โดยความเร็วลมที่ต่างกัน 0.9 m/s ทำให้มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดเพิ่มขึ้นถึง 6 เท่าตัว เชื้อ *Staphylococcus spp.* สูงขึ้น 5 เท่าตัว ส่วนเชื้อราทั้งหมดและเชื้อ *Aspergillus spp.* ไม่แตกต่าง โดยในห้องเดียวกันพบความเร็วลมต่างกันได้มากถึง 14 เท่า (0.07 m/s และ 0.97 m/s)



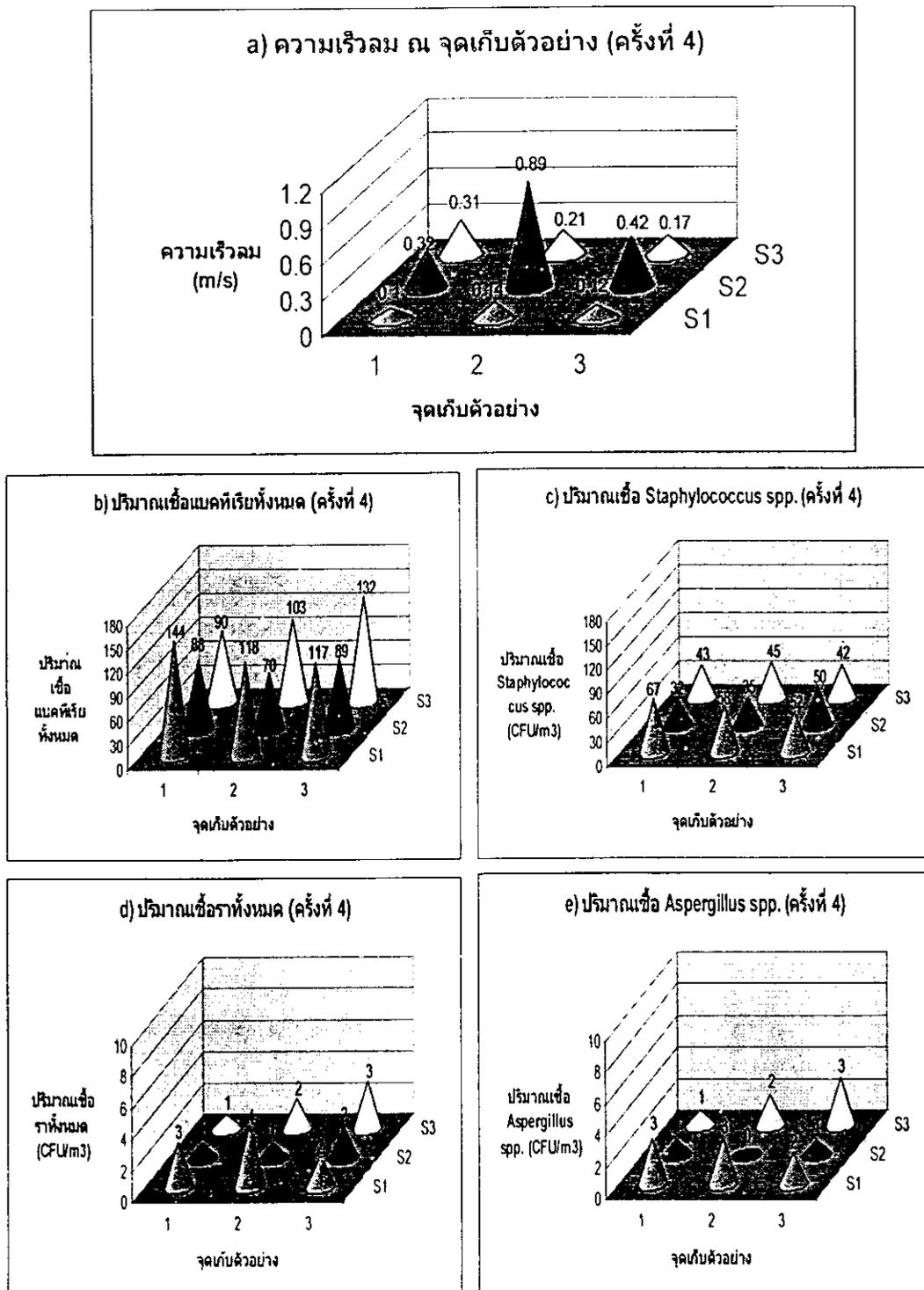
รูปที่ 32 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม ณ จุดเก็บตัวอย่างต่างๆ ในห้อง PICU กับ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ครั้งที่ 2 : a) ความเร็วลม, b) ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด, c) ปริมาณเชื้อ *Staphylococcus spp.*, d) ปริมาณเชื้อราทั้งหมด, e) ปริมาณเชื้อ *Aspergillus spp.*

การศึกษารั้งที่ 3 แสดงในรูปที่ 33 จุดที่มีความเร็วลมสูงสุดที่ จุด 2S<sub>2</sub> มีความเร็วลม 0.98 m/s (รูปที่ 33a) พบปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดเพียง 82 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 32b) พบเชื้อ *Staphylococcus spp.* เพียง 32 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 33c) เชื้อราทั้งหมด 1 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 33d) และไม่พบเชื้อ *Aspergillus spp.* เลย (รูปที่ 33e) ส่วนจุดที่ 3S<sub>1</sub> ซึ่งมีความเร็วลมน้อยที่สุดคือ 0.09 m/s (รูปที่ 33a) กลับพบเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดสูงถึง 107 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 33b) พบเชื้อ *Staphylococcus spp.* 47 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 33c) เชื้อราทั้งหมด 2 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 33d) และพบเชื้อ *Aspergillus spp.* 2 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 33e) โดยความเร็วลมที่ต่างกัน 0.89m/s ทำให้มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดเพิ่มขึ้นถึง 1.31 เท่าตัว เชื้อ *Staphylococcus spp.* สูงขึ้น 1.47 เท่าตัว เชื้อราทั้งหมด 2 เท่าตัว และเชื้อ *Aspergillus spp.* เพิ่มขึ้น 2 เท่าตัว โดยในห้องเดียวกันพบความเร็วลมต่างกันได้มากถึง 11 เท่า (0.09 m/s และ 0.98 m/s) โดยนอกจากจุด 2S<sub>1</sub> ซึ่งเป็นจุดที่มีความเร็วลมน้อยที่สุดนี้แล้วยังพบจุด 1S<sub>1</sub>, 2S<sub>1</sub>, 1S<sub>3</sub>, 2S<sub>3</sub> และ 3S<sub>3</sub> ซึ่งมีความเร็วลมอยู่ในช่วง 0.12-0.21 m/s พบปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ 100 CFU/m<sup>3</sup> คือ 154, 121, 102, 114 และ 104 CFU/m<sup>3</sup> ตามลำดับ (รูปที่ 33b) อีกด้วย



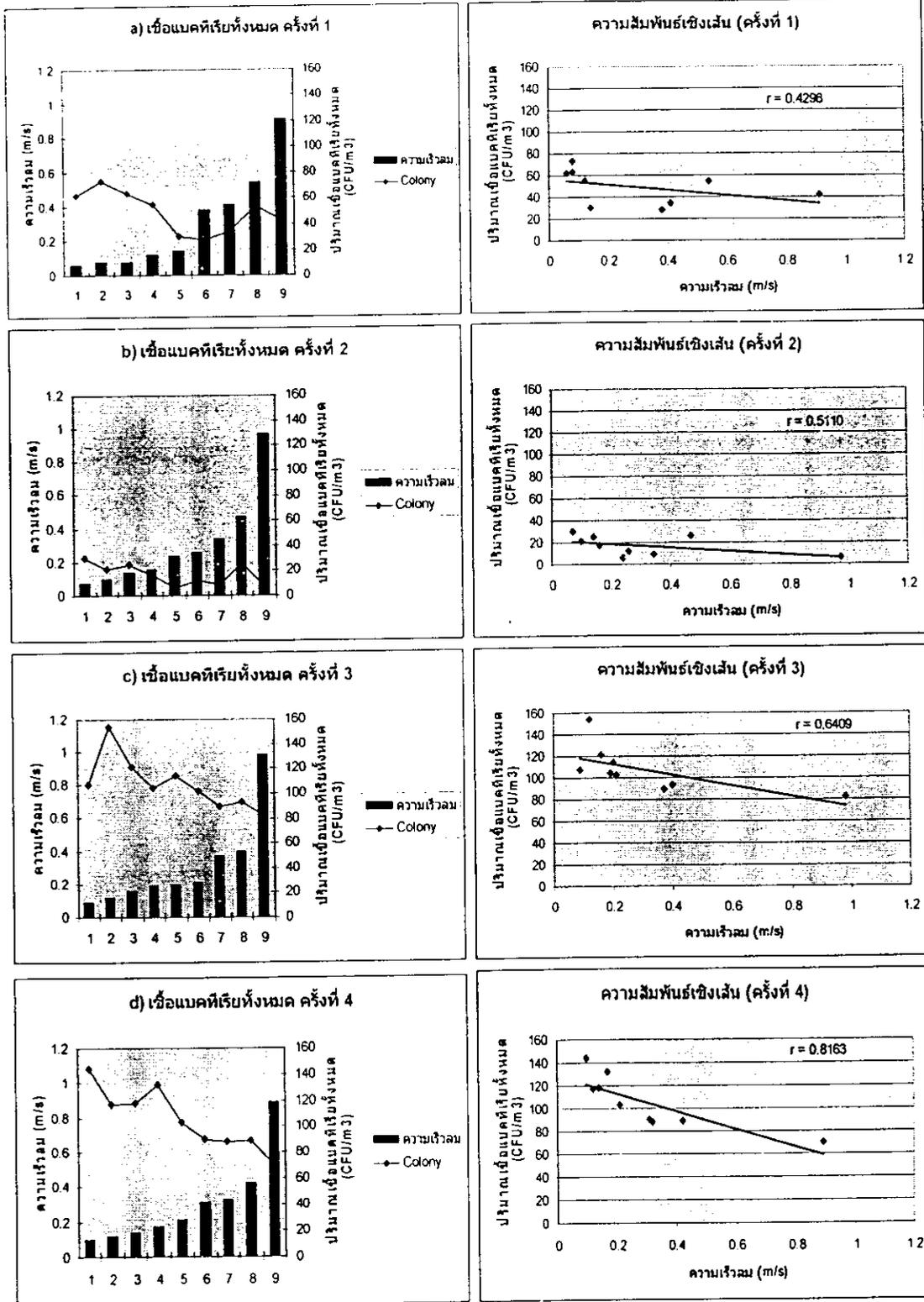
รูปที่ 33 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม ณ จุดเก็บตัวอย่างต่างๆในห้อง PICU กับ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ครั้งที่ 3 : a) ความเร็วลม, b) ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด, c) ปริมาณเชื้อ *Staphylococcus spp.*, d) ปริมาณเชื้อราทั้งหมด, e) ปริมาณเชื้อ *Aspergillus spp.*

ส่วนการศึกษารั้วที่ 4 แสดงได้ในรูปที่ 34 จุดที่มีความเร็วลมสูงสุดที่ จุด 2S<sub>2</sub> มีความเร็วลม 0.89 m/s (รูปที่ 34a) พบปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด 70 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 34b) พบเชื้อ *Staphylococcus spp.* เพียง 35 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 34c) เชื้อราทั้งหมด 1 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 23d) และไม่พบเชื้อ *Aspergillus spp.* เลย (รูปที่ 34e) ส่วนจุดที่ 1S<sub>1</sub> ซึ่งมีความเร็วลมน้อยที่สุดคือ 0.1 m/s (รูปที่ 34a) กลับพบเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดสูงสุด 144 CFU/m<sup>3</sup> ซึ่งเกินกว่าค่ามาตรฐาน (รูปที่ 34b) พบเชื้อ *Staphylococcus spp.* 67 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 34c) เชื้อราทั้งหมด 3 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 34d) และพบเชื้อ *Aspergillus spp.* 3 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 34e) โดยความเร็วลมที่ต่างกัน 0.79 m/s ทำให้มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดเพิ่มขึ้นถึง 2.06 เท่าตัว เชื้อ *Staphylococcus spp.* สูงขึ้น 2 เท่าตัว เชื้อราทั้งหมด 3 เท่าตัว โดยในห้องเดียวกันพบความเร็วลมต่างกันได้มากถึง 8.9 เท่า (0.10 m/s และ 0.89 m/s) โดยนอกจากจุด 1S<sub>1</sub> แล้ว ยังพบจุดที่มีความเร็วลมน้อยๆ ในช่วง 0.12-0.21 m/s ที่พบเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดสูงเกิน 100 CFU/m<sup>3</sup> คือจุด 2S<sub>1</sub>, 3S<sub>1</sub>, 2S<sub>3</sub> และ 3S<sub>3</sub> ที่มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดมากกว่า 100 CFU/m<sup>3</sup> คือ 118, 117, 103 และ 132 CFU/m<sup>3</sup> ตามลำดับอีกด้วย (รูปที่ 34b)

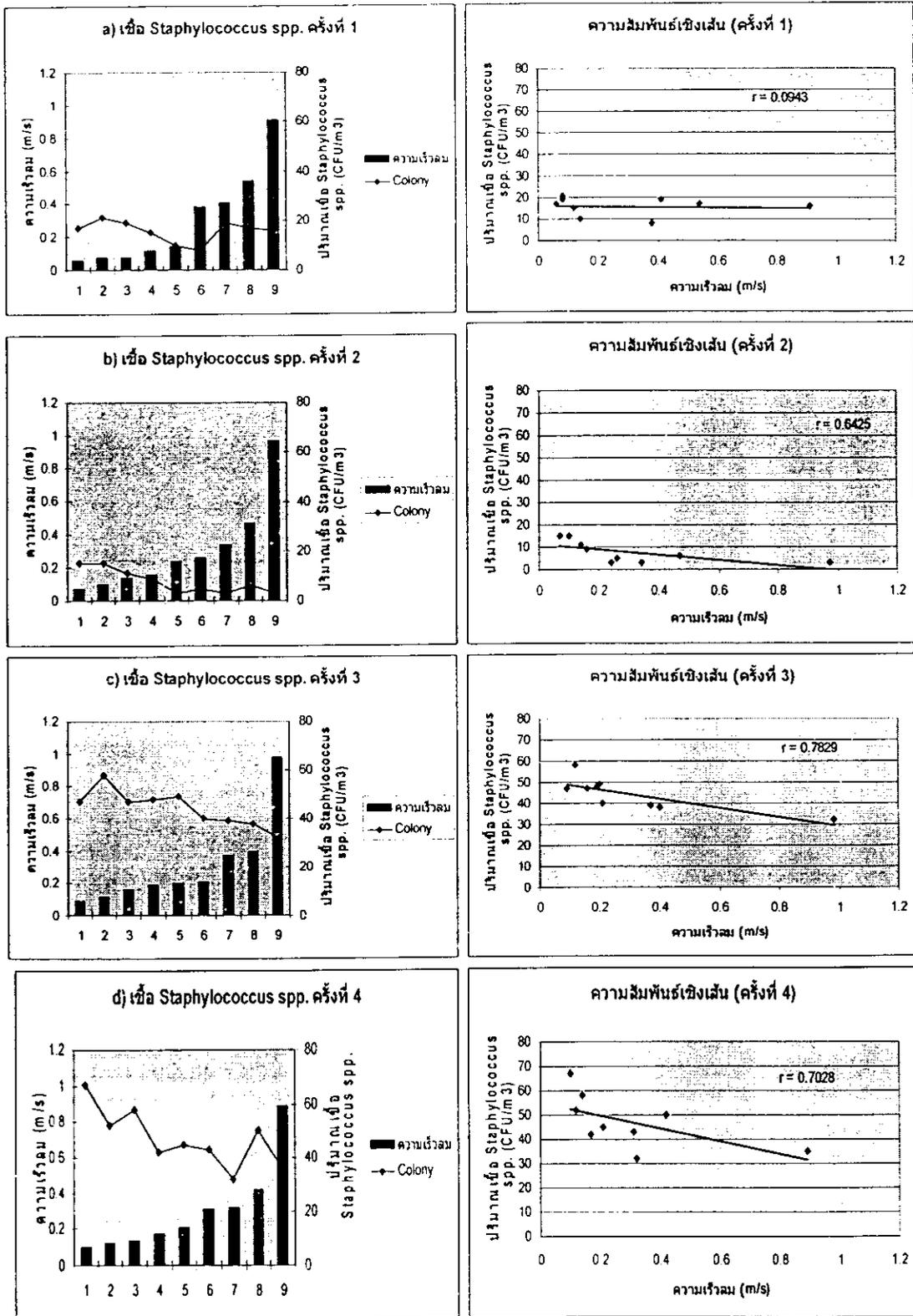


รูปที่ 34 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม ณ จุดเก็บตัวอย่างต่างๆในห้อง PICU กับ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ครั้งที่ 4 : a) ความเร็วลม, b) ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด, c) ปริมาณเชื้อ *Staphylococcus spp.*, d) ปริมาณเชื้อราทั้งหมด, e) ปริมาณเชื้อ *Aspergillus spp.*

จากความสัมพันธ์ที่แปรผกผันกันระหว่างความเร็วลม ณ จุดต่างๆภายในห้องกับ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์นั้น สามารถสรุปผลในรูปของความสัมพันธ์เชิงเส้น โดยแยกเป็นความสัมพันธ์ กับเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด (รูปที่ 35) ความสัมพันธ์กับเชื้อ *Staphylococcus spp.* (รูปที่ 36) ความสัมพันธ์กับเชื้อราทั้งหมด (รูปที่ 37) และความสัมพันธ์กับเชื้อ *Aspergillus spp.* (รูปที่ 38) โดย พบว่าเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดและเชื้อ *Staphylococcus spp.* สัมพันธ์กับความเร็วลมอย่างเห็นได้ชัด (ค่า  $r$  เหลือ = 0.60 และ 0.56 ตามลำดับ) โดย มีแนวโน้มว่าความเร็วลมน้อยจะพบเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด มาก และในทำนองเดียวกันถ้าความเร็วลมมากขึ้นก็จะพบปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดน้อยลง เช่นเดียวกัน ดังรูปที่ 35a) , 35c) และ 35d) ส่วนในรูปที่ 35b) มีเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้น บริเวณความเร็วลมจุดที่ 4 สันนิษฐานว่าจำนวนคนมีผลต่อปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด เนื่องจาก ขณะที่ทำการเก็บตัวอย่าง ณ จุดเก็บตัวอย่างที่มีปริมาณเชื้อเพิ่มขึ้นผิดปกติ มีแม่บ้านกำลังทำความสะอาดกระจกบริเวณภายในห้อง จึงอาจเป็นสาเหตุของการเพิ่มขึ้นของเชื้อดังกล่าวได้



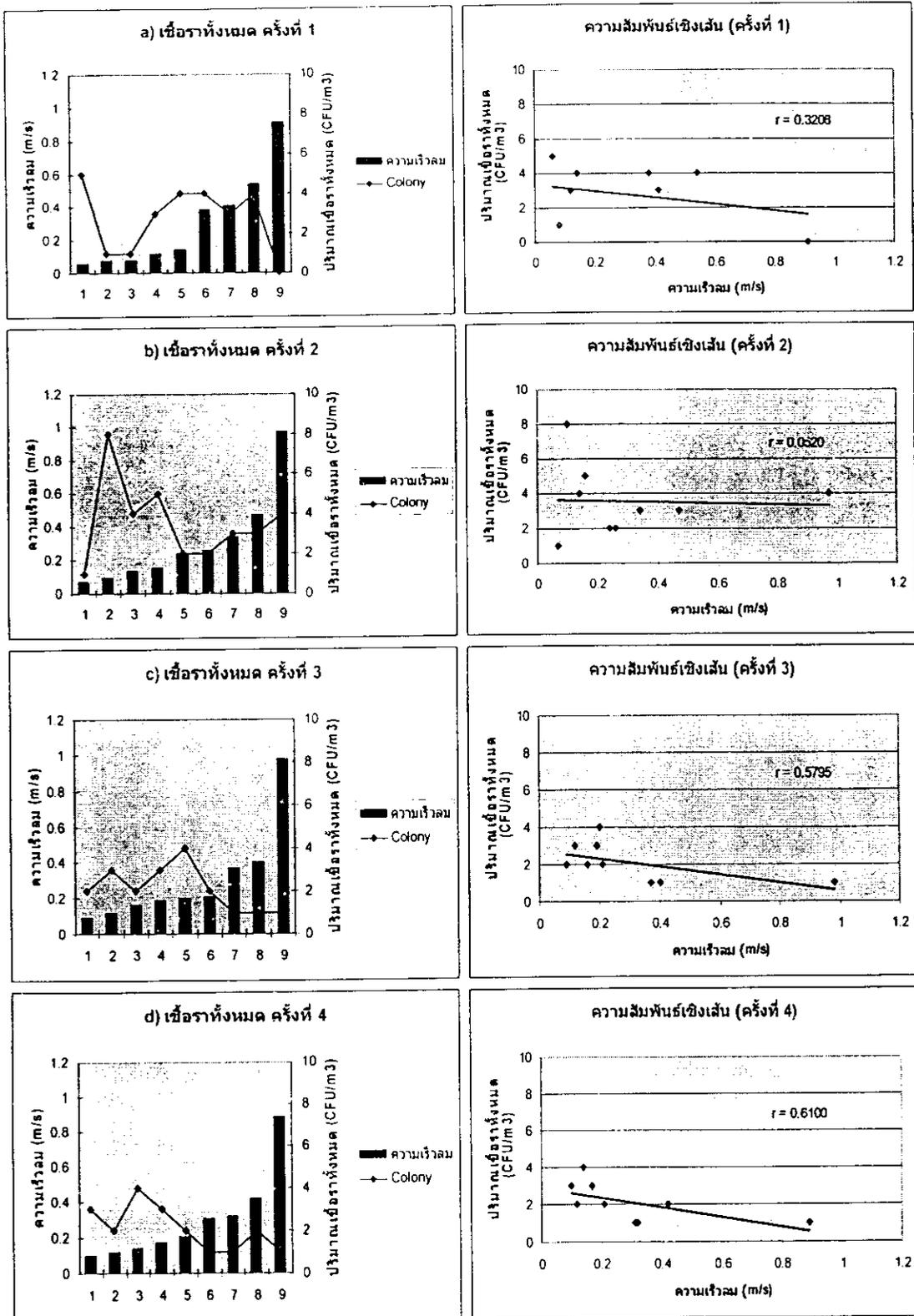
รูปที่ 35 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดในห้อง PICU: a) ครั้งที่ 1, b) ครั้งที่ 2, c) ครั้งที่ 3, d) ครั้งที่ 4



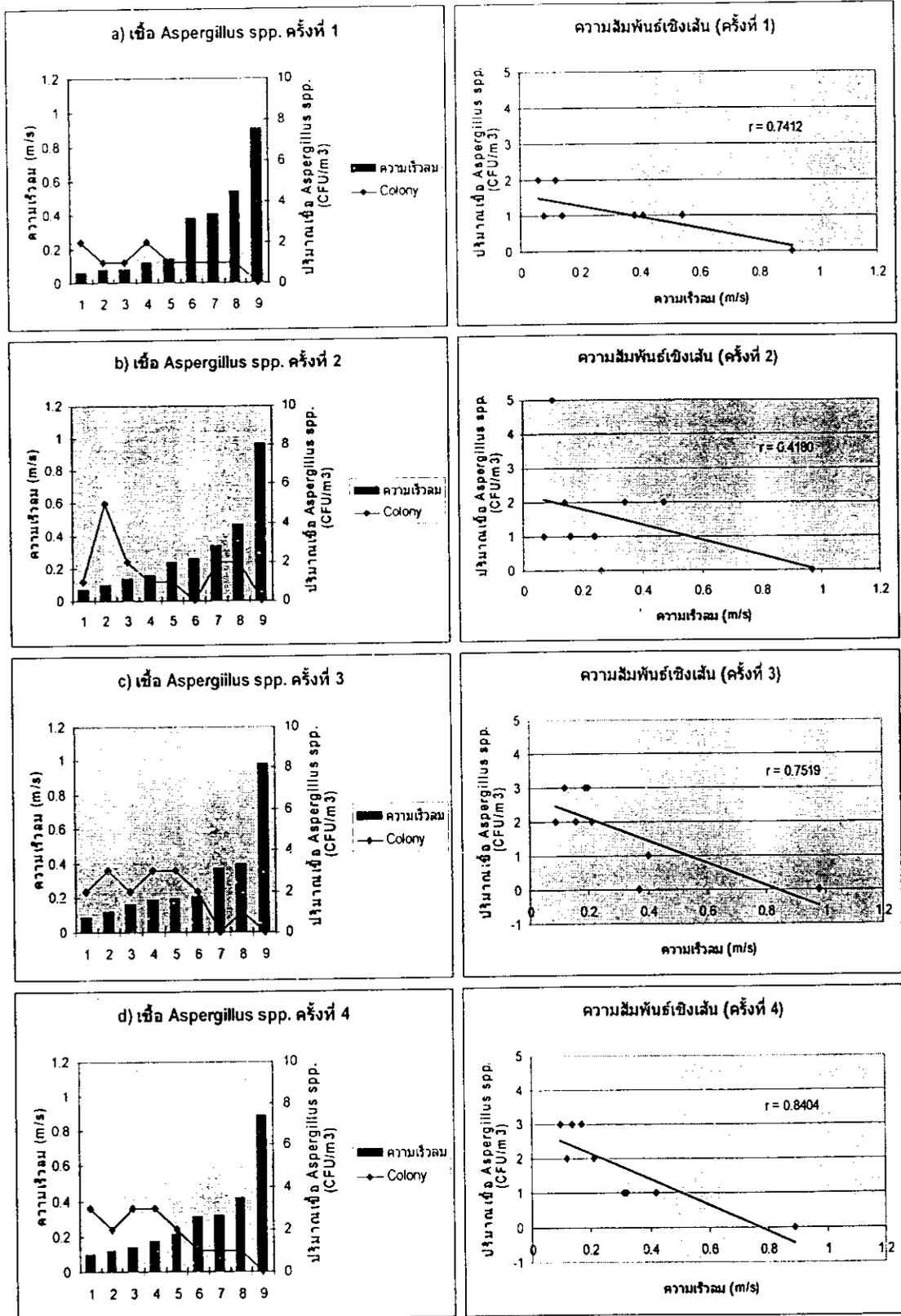
รูปที่ 36 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับปริมาณเชื้อ *Staphylococcus spp.* ในห้อง PICU: a) ครั้งที่ 1, b) ครั้งที่ 2, c) ครั้งที่ 3, d) ครั้งที่ 4

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับปริมาณเชื้อราทั้งหมดมีค่าความสัมพันธ์เชิงเส้น เฉลี่ย 0.39 น้อยกว่าความสัมพันธ์ของเชื้อแบคทีเรียอย่างเห็นได้ชัด อีกทั้งมีความไม่คงที่ของกราฟที่เพิ่มขึ้น-ลดลงไม่เป็นไปในทำนองเดียวกัน (รูปที่ 37) ส่วนความสัมพันธ์ของเชื้อ *Aspergillus spp.* มีค่า  $r$  เฉลี่ย 0.69 (รูปที่ 38)

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับปริมาณเชื้อราทั้งหมดมีค่าความสัมพันธ์เชิงเส้น เฉลี่ย 0.39 น้อยกว่าความสัมพันธ์ของเชื้อแบคทีเรียอย่างเห็นได้ชัด อีกทั้งมีความไม่คงที่ของกราฟที่เพิ่มขึ้น-ลดลงไม่เป็นไปในทำนองเดียวกัน (รูปที่ 37) ส่วนความสัมพันธ์ของเชื้อ *Aspergillus spp.* มีค่า  $r$  เฉลี่ย 0.69 (รูปที่ 38)



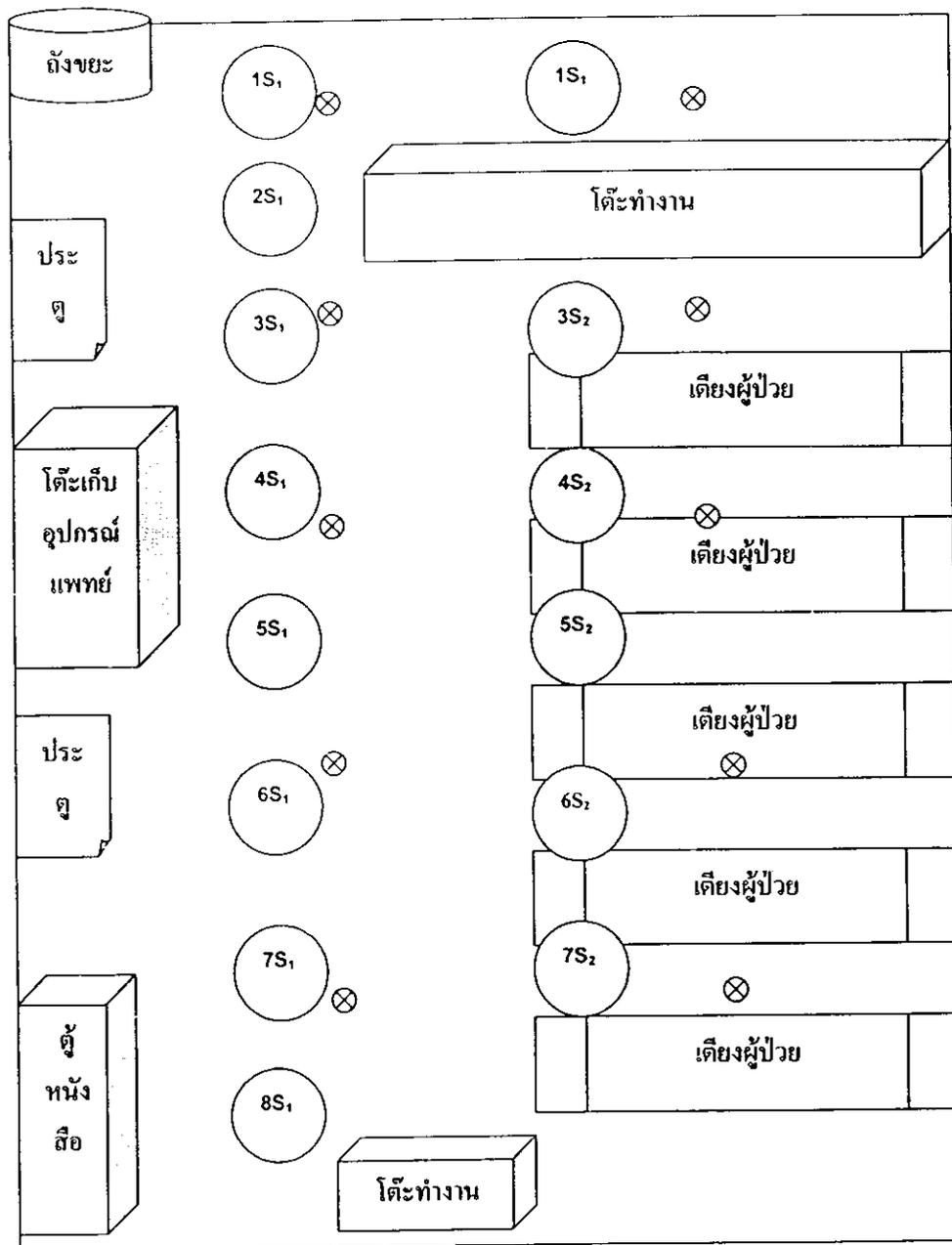
รูปที่ 37 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับปริมาณเชื้อราทั้งหมดในห้อง PICU: a) ครั้งที่ 1, b) ครั้งที่ 2, c) ครั้งที่ 3, d) ครั้งที่ 4

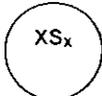


รูปที่ 38 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับปริมาณเชื้อ *Aspergillus spp.* ในห้อง PICU: a) ครั้งที่ 1, b) ครั้งที่ 2, c) ครั้งที่ 3, d) ครั้งที่ 4

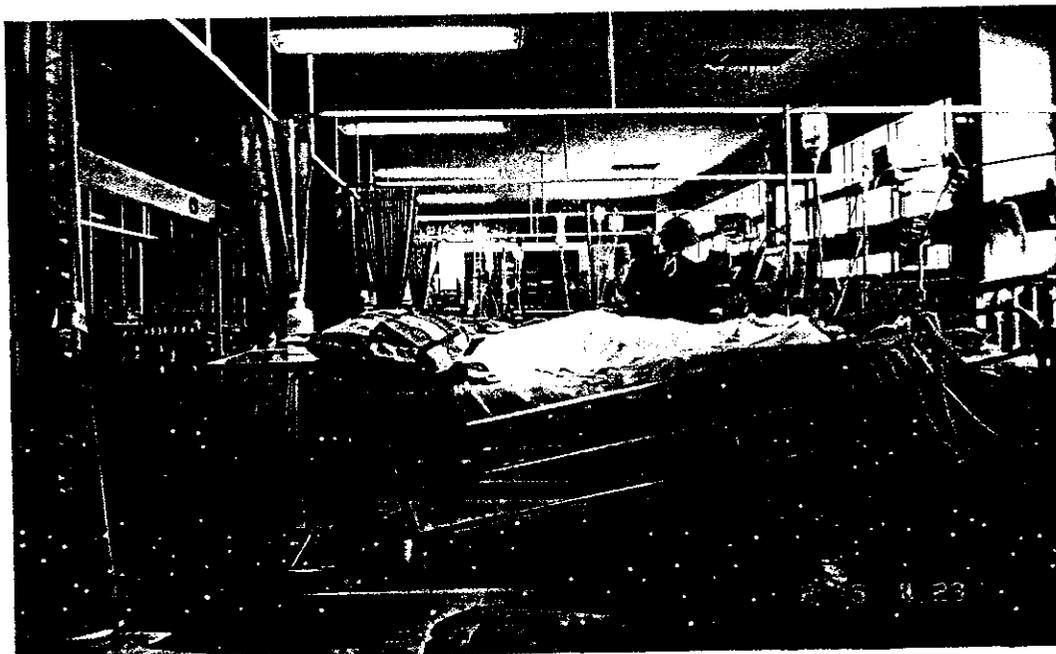
### 3.3 ห้อง ICU

การสำรวจจุดอับอากาศในแง่ของความเร็วลมและความสัมพันธ์ระหว่างจุดอับอากาศกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในบรรยากาศของหอผู้ป่วยวิกฤติ (ICU) นั้นกระทำทั้งหมด 14 จุดเก็บตัวอย่าง ดังรูปที่ 39 โดยสภาพทั่วไปภายในห้อง แสดงได้ดังรูปที่ 40 โดยจากการศึกษาทั้งหมด 4 ครั้ง พบความเร็วลมอยู่ในช่วง 0.08 – 0.70 m/s (เฉลี่ย 0.31 m/s) อุณหภูมิอยู่ในช่วง 25.4 – 27°C (เฉลี่ย 26.15 °C) และมีความชื้นสัมพัทธ์ (RH) อยู่ในช่วง 54.6– 60.8% (เฉลี่ย 57.60%)



หมายเหตุ:  คือตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง  
 คือจุดปล่อยแอร์

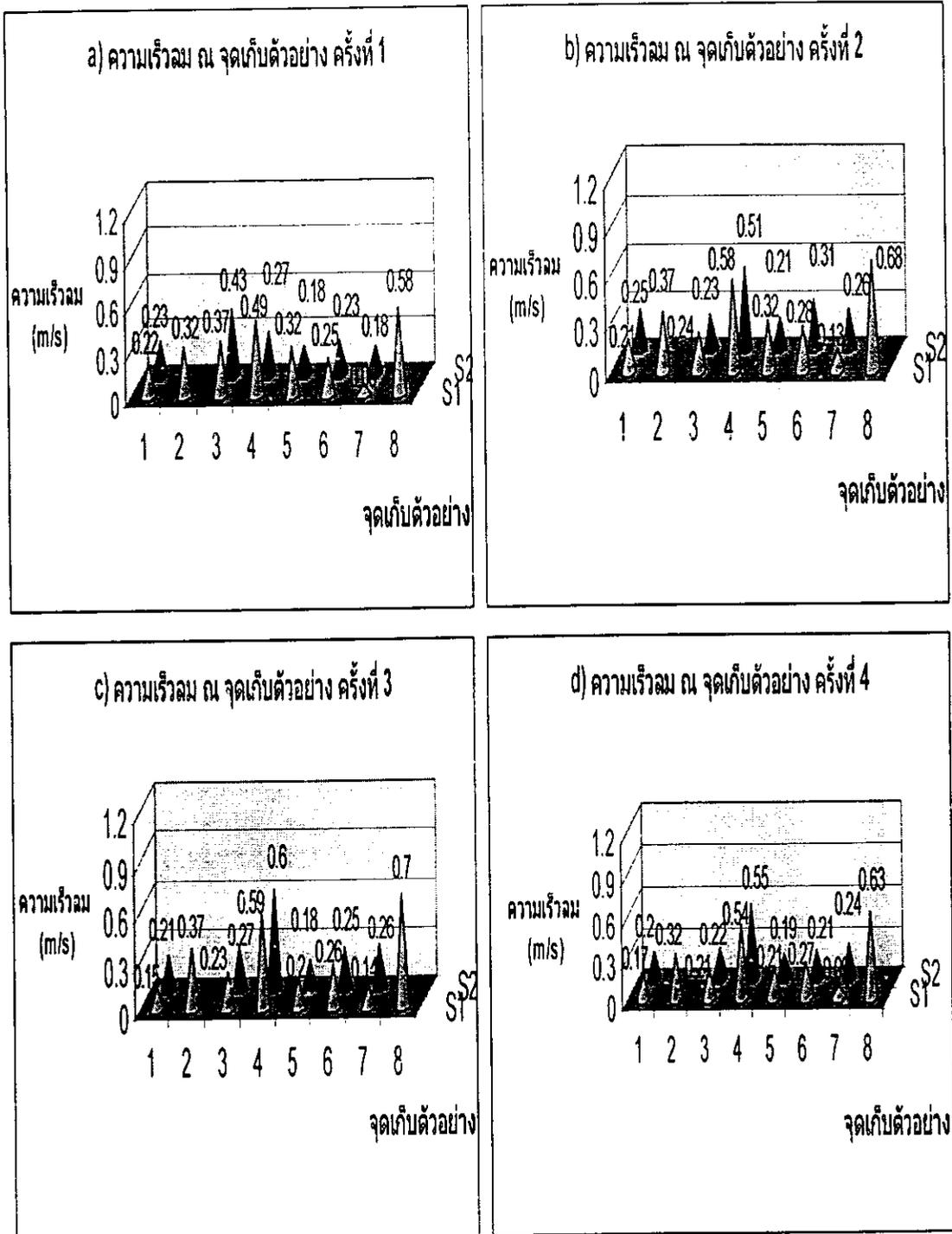
รูปที่ 39 แผนผังและตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างห้อง ICU



รูปที่ 40 สภาพทั่วไปภายในห้อง ICU

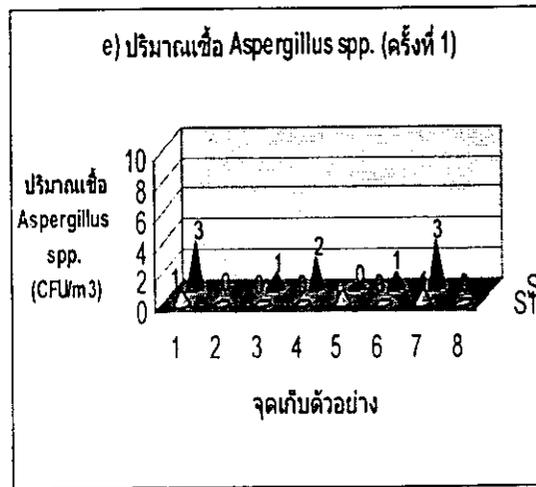
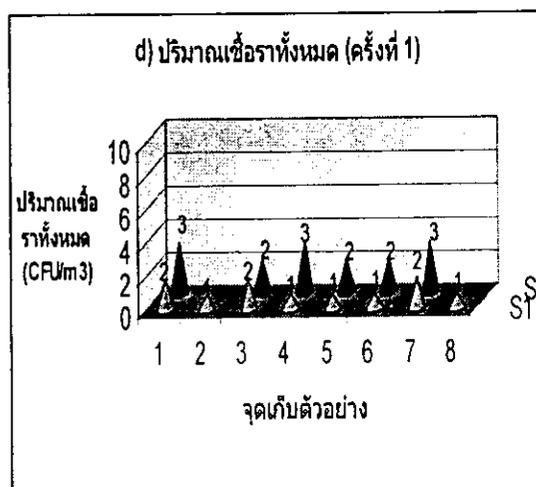
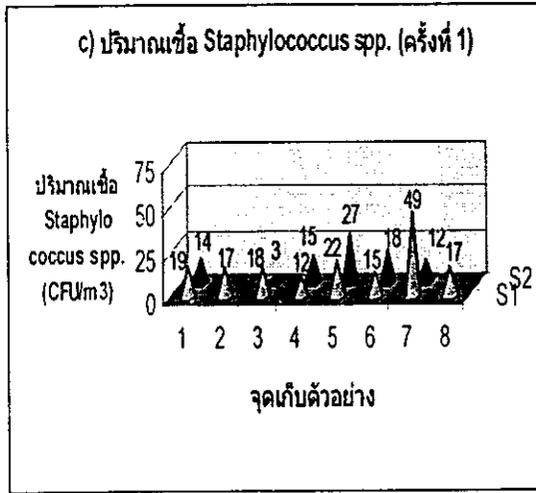
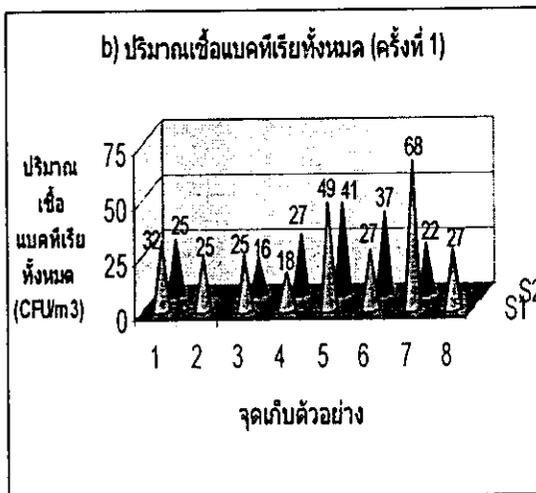
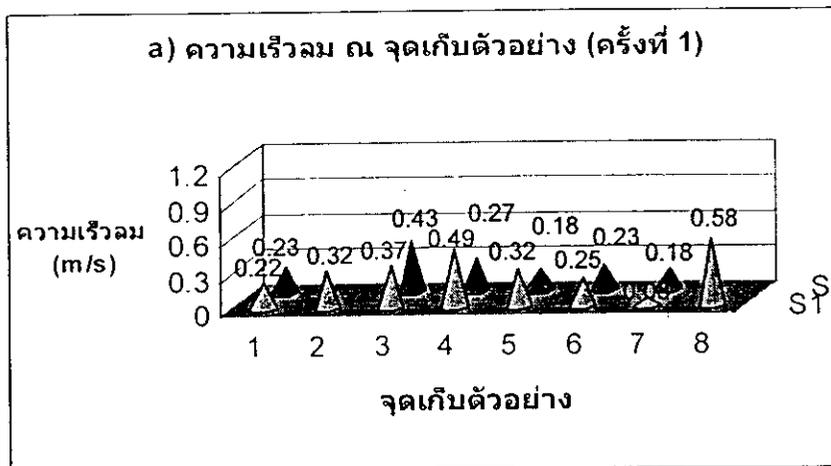
การกระจายตัวของความเร็วลมตามจุดต่างๆภายในห้อง ICU ทั้ง 4 ครั้ง แสดงได้ดังรูปที่ 41 โดยพบว่าบริเวณที่มีความเร็วลมสูงจะอยู่บริเวณตำแหน่งกลางห้อง บริเวณตำแหน่งที่  $4S_1$  และ  $4S_2$  ของรูปที่ 39 บริเวณดังกล่าวมีความเร็วลมเฉลี่ย  $0.52 \text{ m/s}$  ความเร็วลมต่ำสุด  $0.27 \text{ m/s}$  และความเร็วลมสูงสุด  $0.60 \text{ m/s}$  เนื่องจากบริเวณนั้นตรงกับจุดปล่อยลมจากท่อส่งโดยตรง และทิศทางลมจะไหลมารวมตัวกันตกบริเวณกลางห้องพอดี ส่วนบริเวณที่มีความเร็วลมน้อยหรือจุดอับอากาศจะอยู่บริเวณมุมห้อง ในตำแหน่งที่  $1S_1$ ,  $1S_2$ ,  $7S_1$  และ  $7S_2$  โดยบริเวณนี้มีความเร็วลมเฉลี่ย  $0.18 \text{ m/s}$  ความเร็วลมต่ำสุด  $0.08 \text{ m/s}$  และความเร็วลมสูงสุด  $0.26$  สาเหตุเนื่องจากอยู่บริเวณอยู่ห่างจากจุดปล่อยลมจากท่อส่งโดยตรง แต่อย่างไรก็ตามภายในห้อง ICU มีความเร็วลมที่ไม่ต่างกันมากนัก เนื่องจากห้องดังกล่าวใช้ระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวม และส่งลมผ่านตามท่อสู่จุดปล่อยต่างๆทั่วห้อง ดังรูปที่ 39 จำนวนจุลินทรีย์ที่พบจึงค่อนข้างใกล้เคียงกันมากกว่าห้องที่ใช้ระบบเครื่องปรับอากาศชนิดเดี่ยว และไม่พบว่ามีจุดใดที่ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เกินค่ามาตรฐานของ WHO

เลข



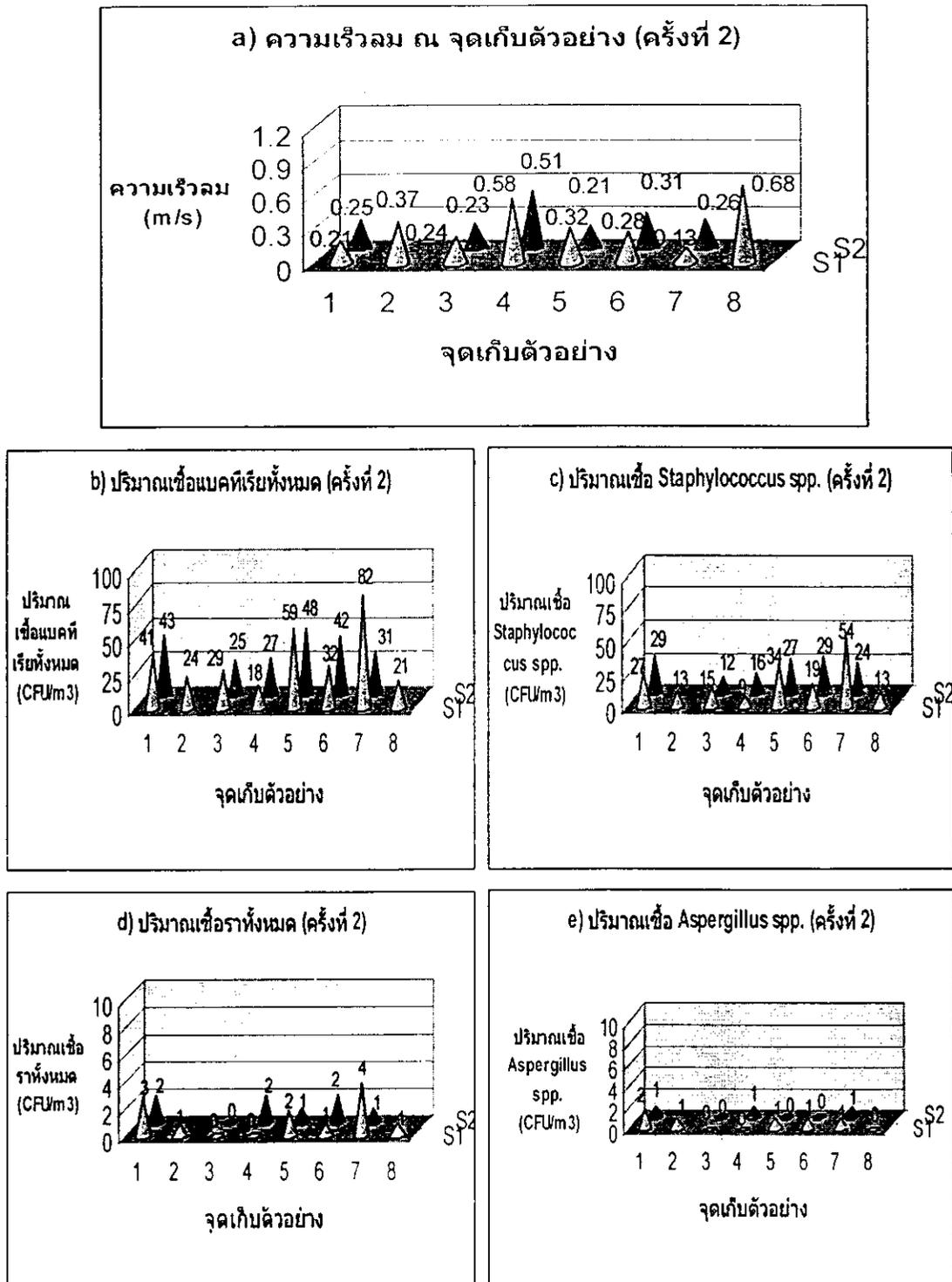
รูปที่ 41 ความเร็วลม ณ จุดเก็บตัวอย่างจำนวน 4 ครั้ง ของห้อง ICU:  
 a) ครั้งที่ 1, b) ครั้งที่ 2, c) ครั้งที่ 3, d) ครั้งที่ 4

ในส่วนของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อจุลินทรีย์กับจุดอากาศ พบว่าในการศึกษาทั้ง 4 ครั้ง ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด เชื้อ *Staphylococcus spp.* เชื้อราทั้งหมด และเชื้อ *Aspergillus spp.* จะมีปริมาณแปรผกผันกับความเร็วลม (รูปที่ 42 ถึง รูปที่ 45) กล่าวคือ ในการศึกษารั้งที่ 1 พบจุดที่มีความเร็วลมสูงสุดที่จุด 8S, มีความเร็วลม 0.58 m/s (รูปที่ 42a) แต่กลับพบปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดเพียง 27 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 42b) พบเชื้อ *Staphylococcus spp.* เพียง 17 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 42c) พบเชื้อราทั้งหมด 1 CFU/m<sup>3</sup> และไม่พบเชื้อ *Aspergillus spp.* เลย (รูปที่ 42d และ 42e) ส่วนจุดที่ 7S, ซึ่งมีความเร็วลมน้อยที่สุดคือ 0.08 m/s (รูปที่ 42a) กลับพบเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดสูงสุด 68 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 42b) พบเชื้อ *Staphylococcus spp.* 49 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 42c) เชื้อราทั้งหมด 2 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 42d) และพบเชื้อ *Aspergillus spp.* 1 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 42e) โดยความเร็วลมที่ต่างกัน 0.50 m/s ทำให้มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดเพิ่มขึ้นถึง 2.5 เท่าตัว เชื้อ *Staphylococcus spp.* สูงขึ้น 2.9 เท่าตัว เชื้อราทั้งหมดเพิ่ม 2 เท่าตัว โดยในห้องเดียวกันพบความเร็วลมต่างกัน ได้มากถึง 7.3 เท่า (0.08 m/s และ 0.58 m/s)



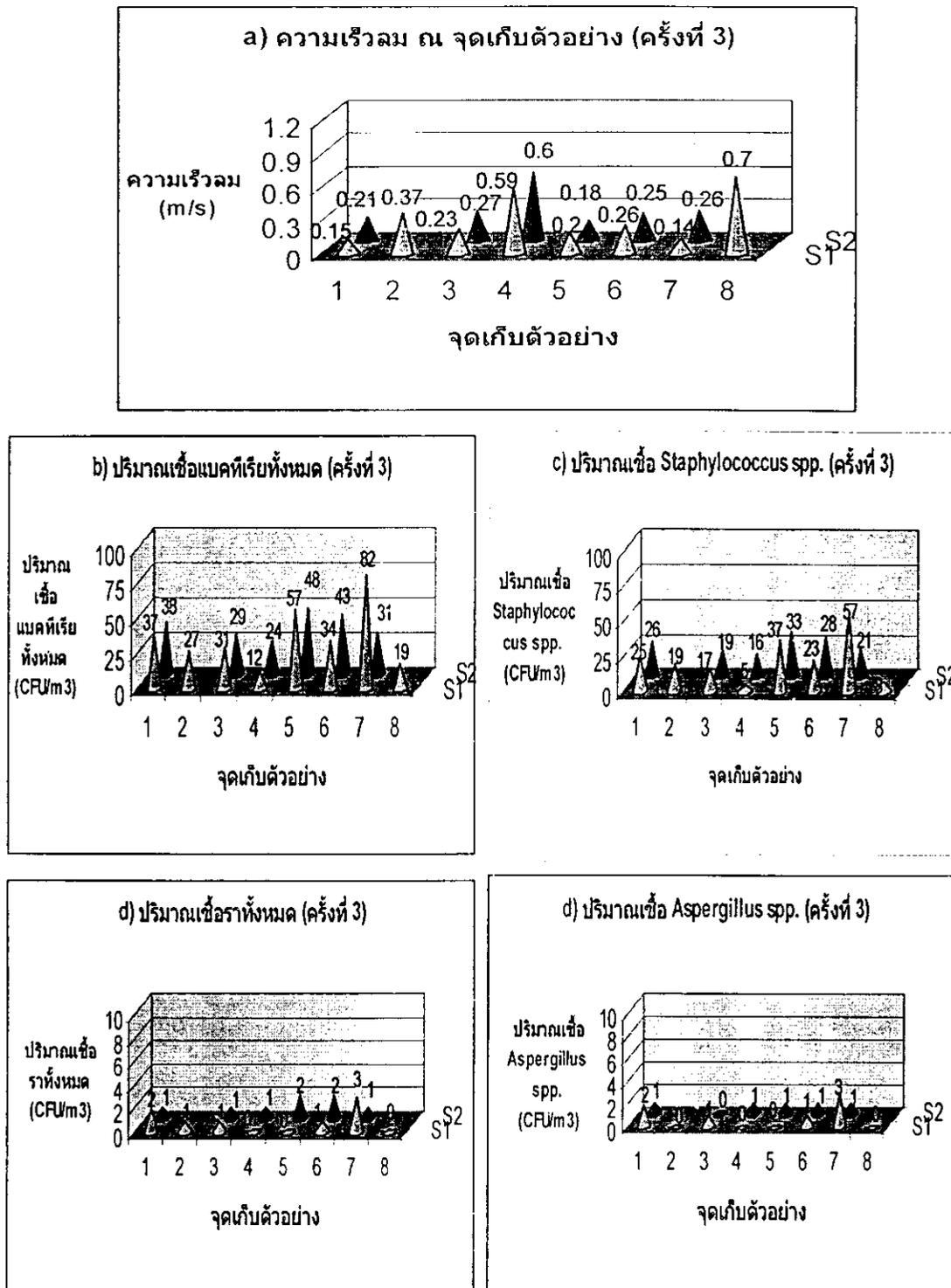
รูปที่ 42 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม ณ จุดเก็บตัวอย่างต่างๆในห้อง ICU กับ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ครั้งที่ 1 : a) ความเร็วลม, b) ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด, c) ปริมาณเชื้อ *Staphylococcus spp.*, d) ปริมาณเชื้อราทั้งหมด, e) ปริมาณเชื้อ *Aspergillus spp.*

การศึกษารั้งที่ 2 แสดงในรูปที่ 43 โดยจุดที่มีความเร็วลมสูงสุดที่จุด 8S<sub>1</sub> มีความเร็วลม 0.68 m/s (รูปที่ 43a) แต่กลับพบปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดน้อยที่สุดเพียง 21 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 43b) พบเชื้อ *Staphylococcus spp.* เพียง 13 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 43c) เชื้อราทั้งหมด 1 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 43d) และไม่พบเชื้อ *Aspergillus spp.* เลย (รูปที่ 43e) ส่วนจุดที่ 7S<sub>1</sub> ซึ่งมีความเร็วลมน้อยที่สุดคือ 0.13 m/s (รูปที่ 43a) กลับพบเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดสูงสุด 82 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 43b) พบเชื้อ *Staphylococcus spp.* สูงสุด 54 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 43c) เชื้อราทั้งหมด 4 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 43d) และพบเชื้อ *Aspergillus spp.* 1 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 43e) โดยความเร็วลมที่ต่างกัน 0.55 m/s ทำให้มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดเพิ่มขึ้นถึง 3.9 เท่าตัว เชื้อ *Staphylococcus spp.* สูงขึ้น 4.2 เท่าตัว และเชื้อราทั้งหมด 4 เท่าตัว โดยในห้องเดียวกันพบความเร็วลมที่ต่างกันได้มากถึง 5 เท่า (0.13 m/s และ 0.68 m/s)



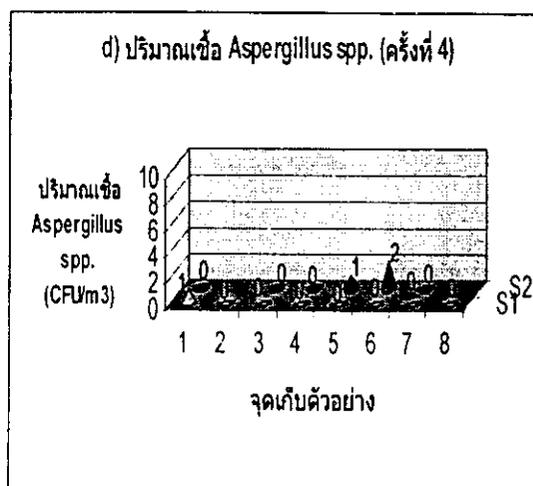
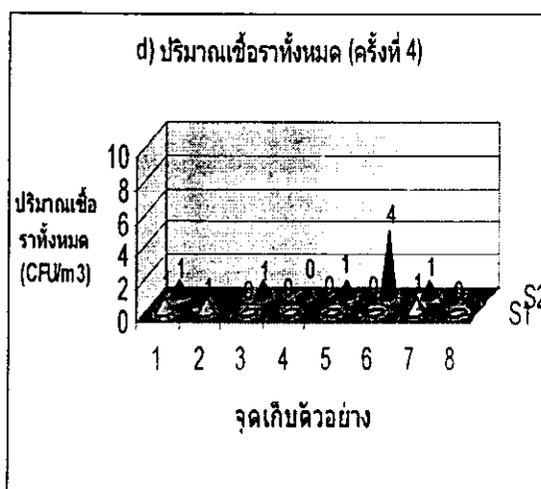
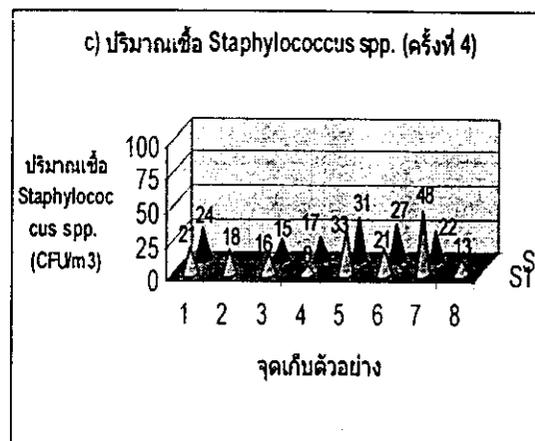
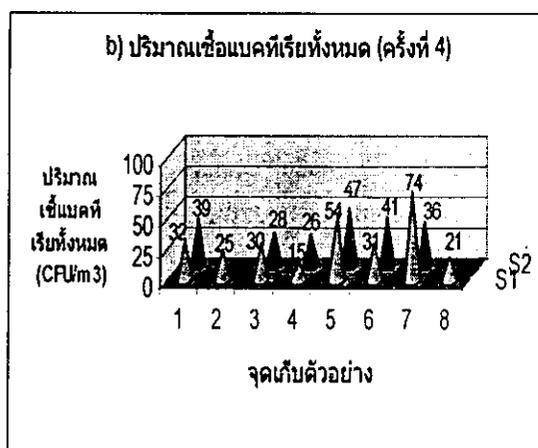
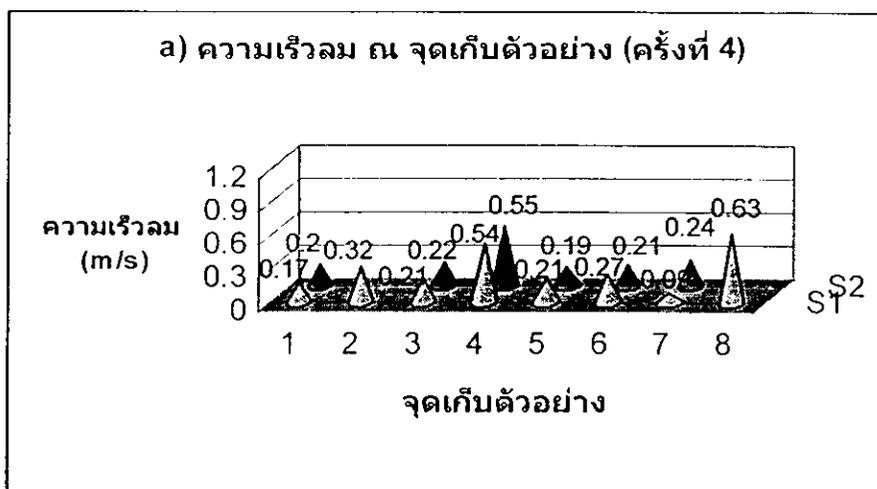
รูปที่ 43 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม ณ จุดเก็บตัวอย่างต่างๆในห้อง ICU กับ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ครั้งที่ 2 : a) ความเร็วลม, b) ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด, c) ปริมาณเชื้อ *Staphylococcus spp.*, d) ปริมาณเชื้อราทั้งหมด, e) ปริมาณเชื้อ *Aspergillus spp.*

ในรูปที่ 44 จุดที่มีความเร็วลมสูงสุดที่ จุด 8S<sub>1</sub> มีความเร็วลม 0.7 m/s (รูปที่ 44a) พบปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดเพียง 19 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 44b) พบเชื้อ *Staphylococcus spp.* เพียง 8 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 44c) เชื้อราทั้งหมดและเชื้อ *Aspergillus spp.* ไม่พบเลย (รูปที่ 44c และ 44e) ส่วนจุดที่ 7S<sub>1</sub> ซึ่งมีความเร็วลมน้อยที่สุดคือ 0.14 m/s (รูปที่ 44a) กลับพบเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดสูงถึง 82 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 44b) พบเชื้อ *Staphylococcus spp.* 57 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 44c) เชื้อราทั้งหมด 3 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 44d) และพบเชื้อ *Aspergillus spp.* 3 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 44e) โดยความเร็วลมที่ต่างกัน 0.56 m/s ทำให้มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดเพิ่มขึ้นถึง 4.3 เท่าตัว เชื้อ *Staphylococcus spp.* สูงขึ้น 7 เท่าตัว โดยในห้องเดียวกันพบความเร็วลมต่างกัน ได้มากถึง 5 เท่า (0.14 m/s และ 0.7 m/s)



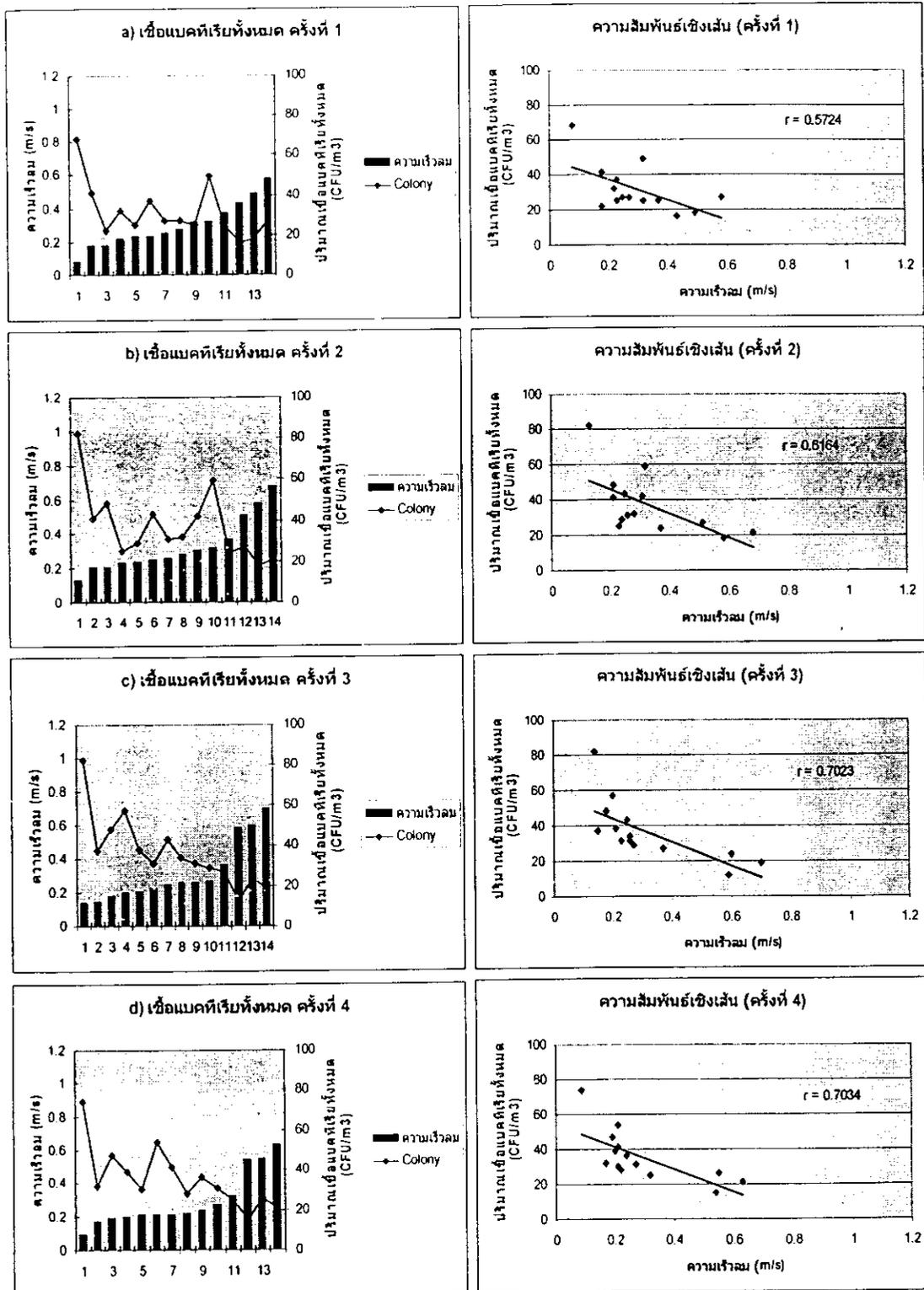
รูปที่ 44 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม ณ จุดเก็บตัวอย่างต่างๆในห้อง ICU กับ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ครั้งที่ 3 : a) ความเร็วลม, b) ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด, c) ปริมาณเชื้อ *Staphylococcus* spp., d) ปริมาณเชื้อราทั้งหมด, e) ปริมาณเชื้อ *Aspergillus* spp.

ส่วนในรูปที่ 45 จุดที่มีความเร็วลมสูงสุดที่ จุด 8S, มีความเร็วลม 0.63 m/s (รูปที่ 45a) พบปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด 21 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 45b) พบเชื้อ *Staphylococcus spp.* เพียง 13 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 45c) ส่วนเชื้อราทั้งหมดและเชื้อ *Aspergillus spp.* ไม่พบเลย (รูปที่ 45d และ 45e) ส่วนจุดที่ 7S, ซึ่งมีความเร็วลมน้อยที่สุดคือ 0.09 m/s (รูปที่ 45a) กลับพบเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดสูงสุด 74 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 45b) พบเชื้อ *Staphylococcus spp.* 48 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 45c) เชื้อราทั้งหมด 1 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 45d) และ ไม่พบเชื้อ *Aspergillus spp.* เลย (รูปที่ 45e) โดยความเร็วลมที่ต่างกัน 0.54 m/s ทำให้มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดเพิ่มขึ้นถึง 3.5 เท่าตัว เชื้อ *Staphylococcus spp.* สูงขึ้น 3.7 เท่าตัว โดยในห้องเดียวกันพบความเร็วลมต่างกันได้มากถึง 7 เท่า (0.09 m/s และ 0.63 m/s)

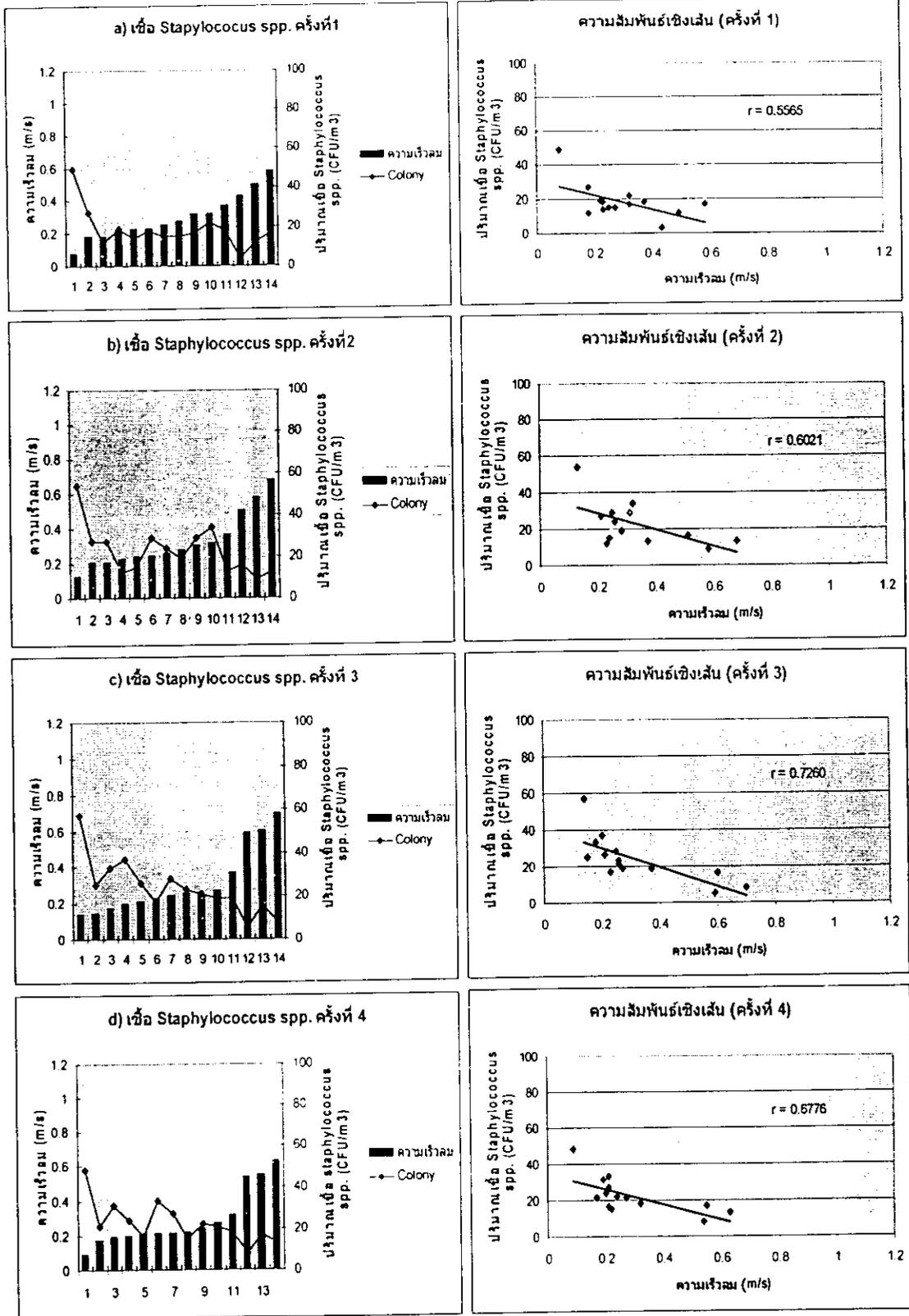


รูปที่ 45 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม ณ จุดเก็บตัวอย่างต่างๆในห้อง ICU กับ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ครั้งที่ 4 : a) ความเร็วลม, b) ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด, c) ปริมาณเชื้อ *Staphylococcus spp.*, d) ปริมาณเชื้อราทั้งหมด, e) ปริมาณเชื้อ *Aspergillus spp.*

จากความสัมพันธ์ที่แปรผกผันกันระหว่างความเร็วลม ณ จุดต่างๆภายในห้องกับ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์นั้น สามารถสรุปผลในรูปของความสัมพันธ์เชิงเส้น โดยแยกเป็นความสัมพันธ์ กับเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด (รูปที่ 46) ความสัมพันธ์กับเชื้อ *Staphylococcus spp.* (รูปที่ 47) ความสัมพันธ์กับเชื้อราทั้งหมด (รูปที่ 47) และความสัมพันธ์กับเชื้อ *Aspergillus spp.* (รูปที่ 49) โดย พบว่าเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดและเชื้อ *Staphylococcus spp.* สัมพันธ์กับความเร็วลมอย่างเห็นได้ชัด เฉพาะครั้งที่ 3 และครั้งที่ 4 เท่านั้น (ค่า  $r$  เฉลี่ย = 0.65 และ 0.64 ตามลำดับ) โดย มีแนวโน้มว่า ความเร็วลมน้อยจะพบเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดมาก และในทำนองเดียวกันถ้าความเร็วลมมากขึ้นก็จะ พบปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดน้อยลงเช่นเดียวกัน ดังรูปที่ 46a) , 46b), 46c) และ 46d) สำหรับเชื้อ แบคทีเรียทั้งหมด และรูปที่ 47a) , 47b), 47c) และ 47d) สำหรับเชื้อ *Staphylococcus spp.*

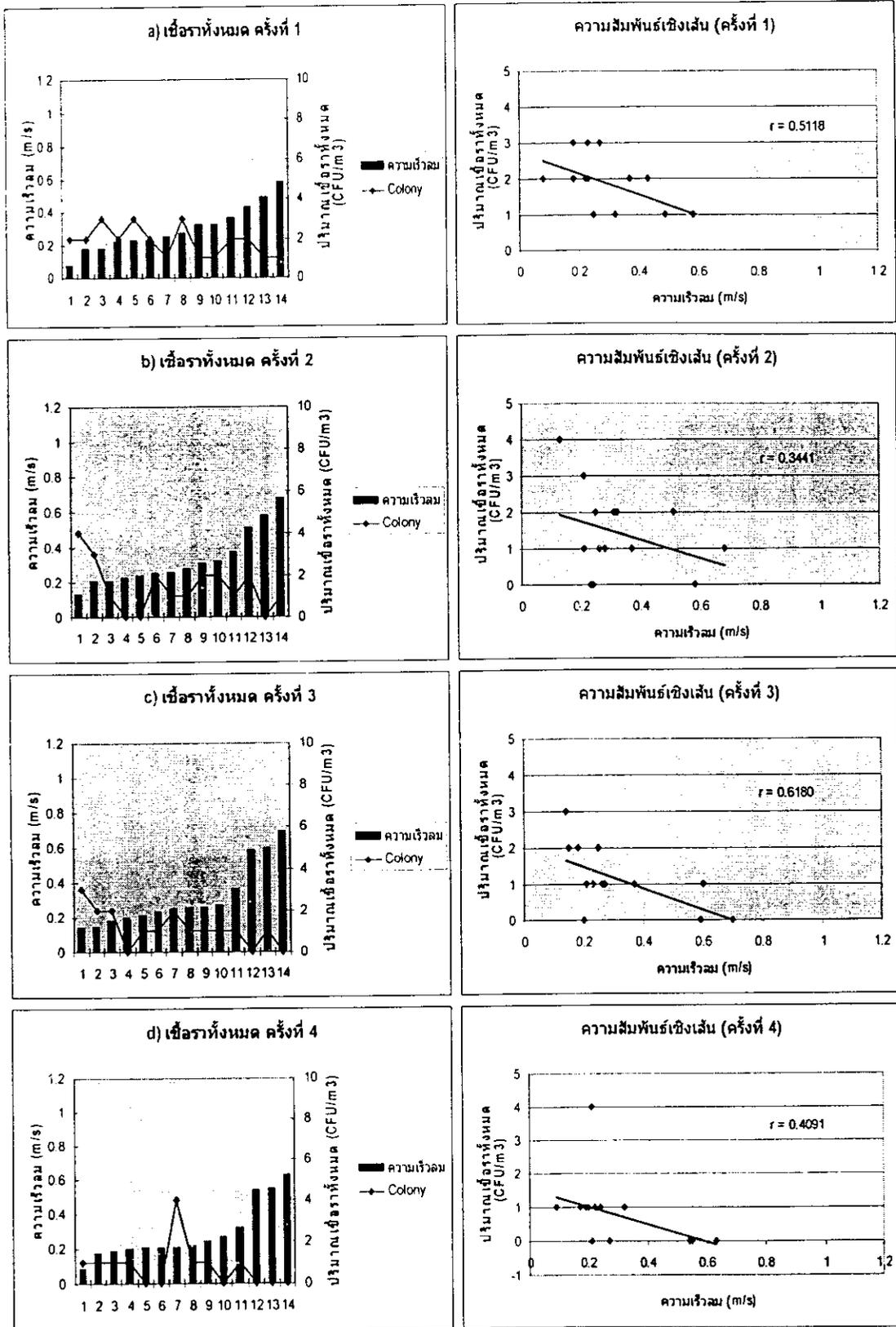


รูปที่ 46 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดในห้อง ICU: a) ครั้งที่ 1, b) ครั้งที่ 2, c) ครั้งที่ 3, d) ครั้งที่ 4



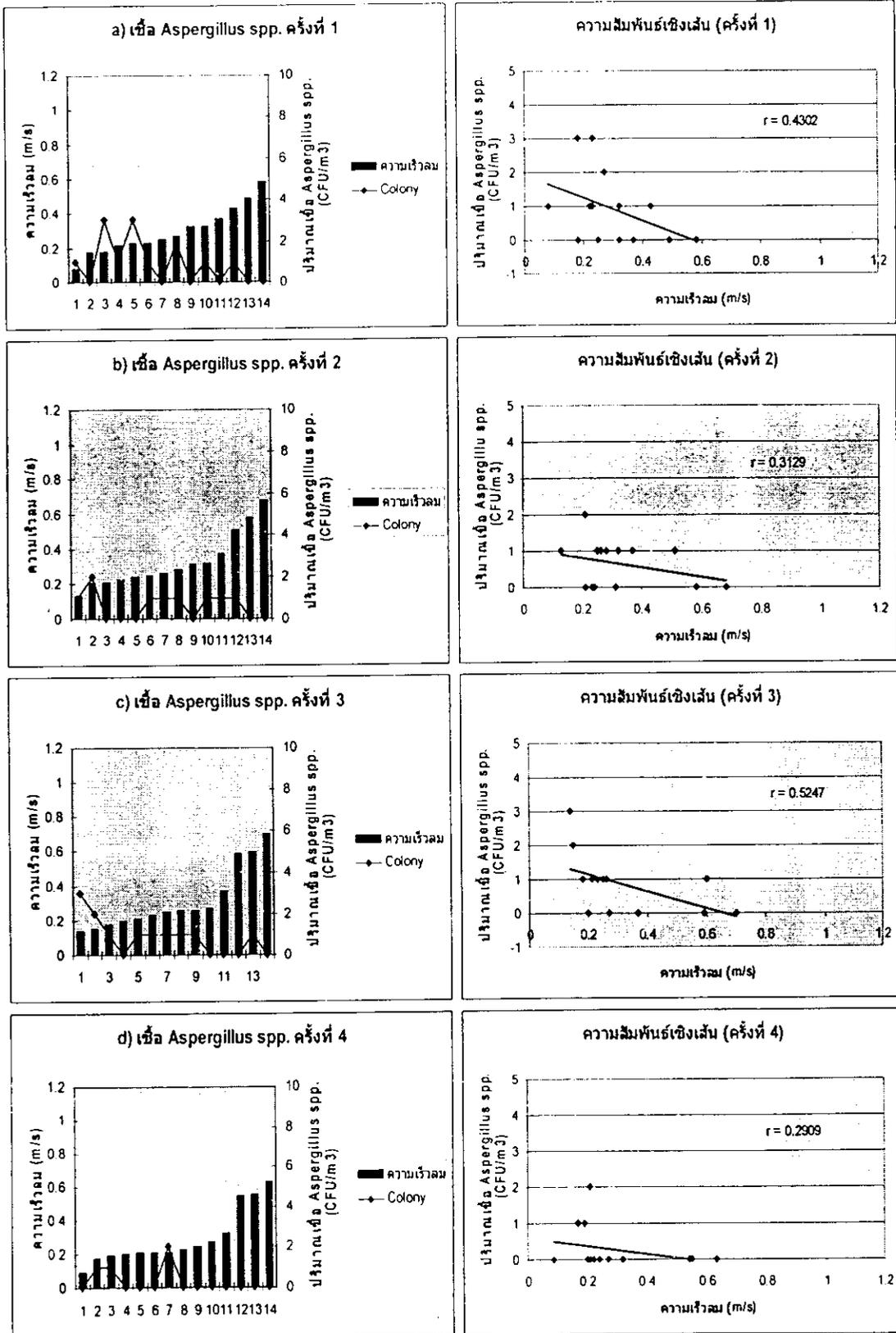
รูปที่ 47 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับปริมาณเชื้อ *Staphylococcus spp.* ในห้อง ICU: a) ครั้งที่ 1, b) ครั้งที่ 2, c) ครั้งที่ 3, d) ครั้งที่ 4

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับปริมาณเชื้อราทั้งหมดมีค่าความสัมพันธ์เชิงเส้น เฉลี่ย 0.47 น้อยกว่าความสัมพันธ์ของเชื้อแบคทีเรียอย่างเห็นได้ชัด อีกทั้งมีปริมาณเชื้อราทั้งหมดค่อนข้างคงที่ (รูปที่ 48) โดยเฉพาะเชื้อ *Aspergillus spp.* มีค่าเป็น 0 ตลอด สำหรับการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 4 เช่นเดียวกันความสัมพันธ์ของเชื้อ *Aspergillus spp.* ที่มีค่า  $r$  เฉลี่ย 0.38 (รูปที่ 49)



รูปที่ 48

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับปริมาณเชื้อราทั้งหมดในห้อง  
 ICU: a) ครั้งที่ 1, b) ครั้งที่ 2, c) ครั้งที่ 3, d) ครั้งที่ 4

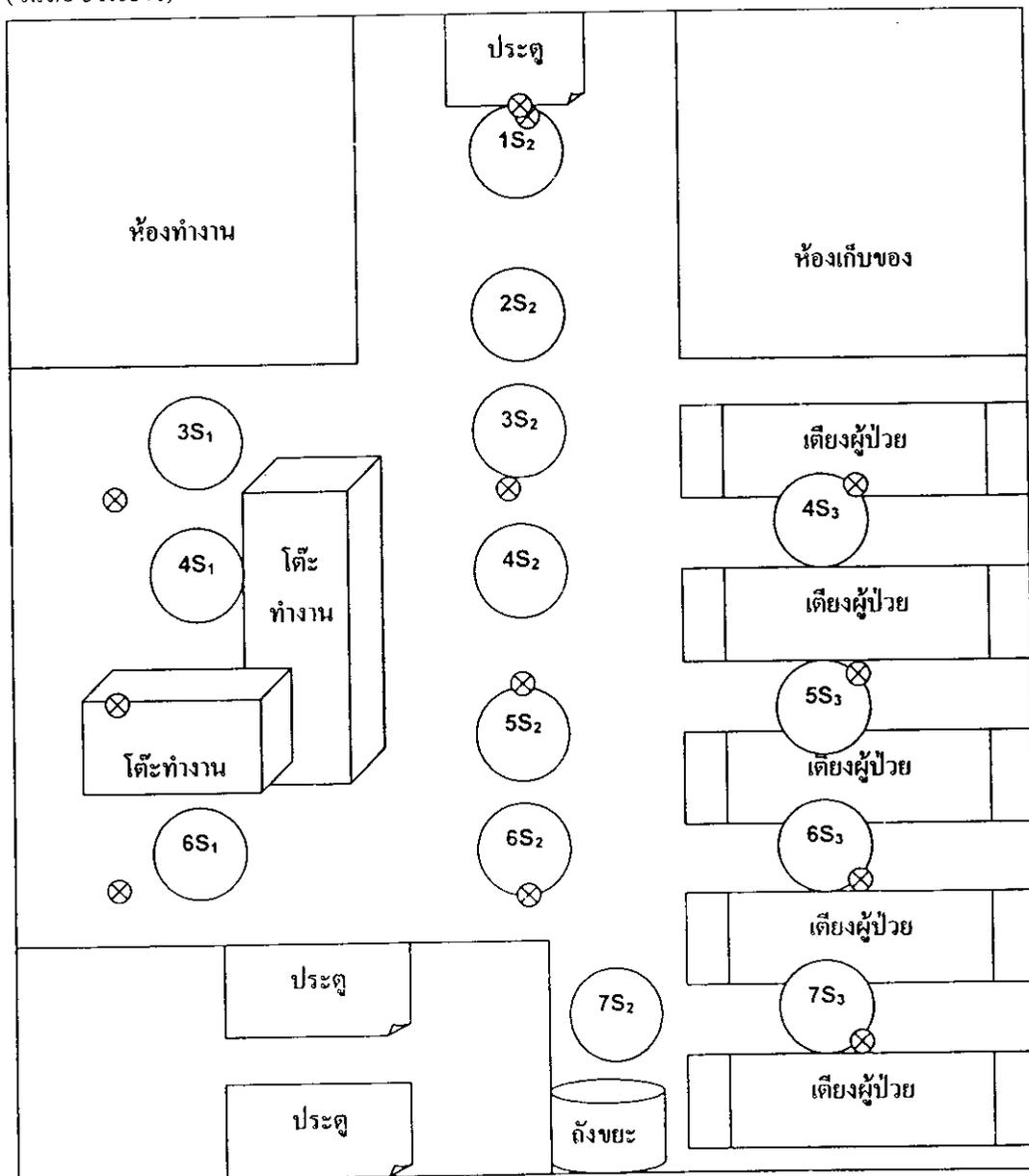


รูปที่ 49

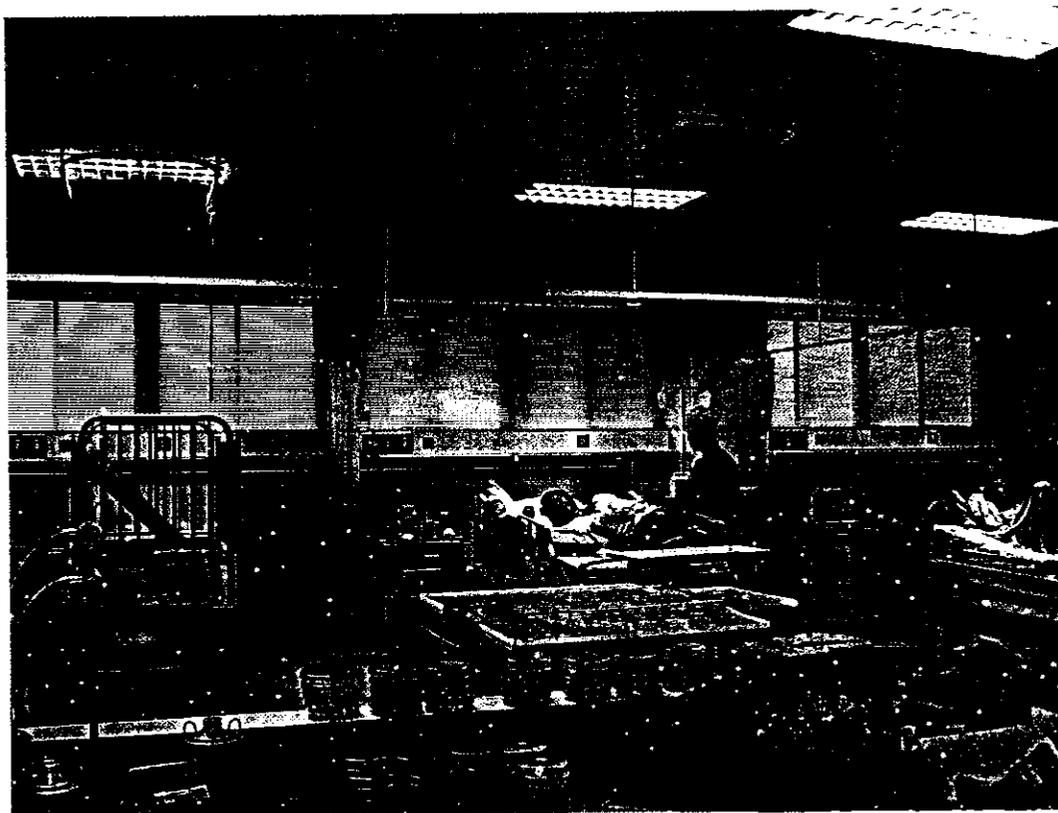
ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับปริมาณเชื้อ *Aspergillus spp.* ในห้อง ICU: a) ครั้งที่ 1, b) ครั้งที่ 2, c) ครั้งที่ 3, d) ครั้งที่ 4

3.4 ห้อง Burn Unit

การสำรวจจุดอับอากาศในแง่ของความเร็วลมและความสัมพันธ์ระหว่างจุดอับอากาศกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในบรรยากาศของหอผู้ป่วยไฟไหม้น้ำร้อนลวก (Burn Unit) นั้นกระทำทั้งหมด 14 จุดเก็บตัวอย่าง ดังรูปที่ 50 โดยสภาพทั่วไปภายในห้อง แสดงได้ดังรูปที่ 51 โดยจากการศึกษาทั้งหมด 4 ครั้ง พบความเร็วลมอยู่ในช่วง 0.12 – 1.28 m/s (เฉลี่ย 0.43 m/s) อุณหภูมิอยู่ในช่วง 24– 28.3°C (เฉลี่ย 26.15 °C) และมีความชื้นสัมพัทธ์ (RH) อยู่ในช่วง 45.6–54.4 % (เฉลี่ย 51.03%)

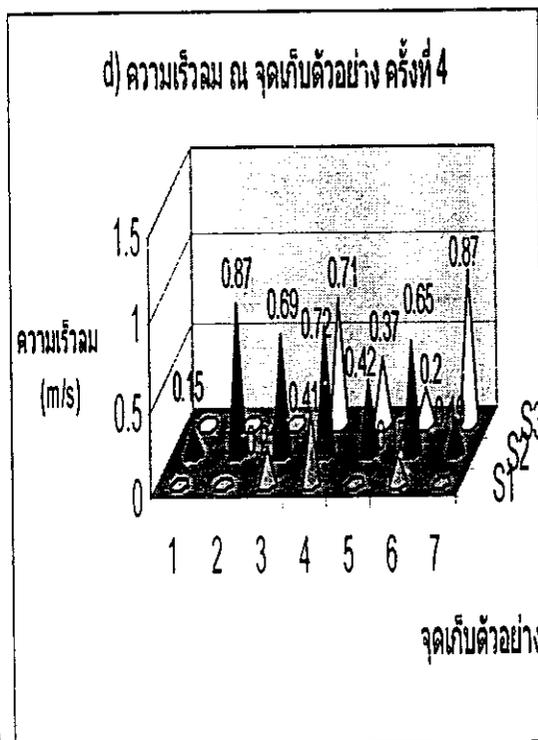
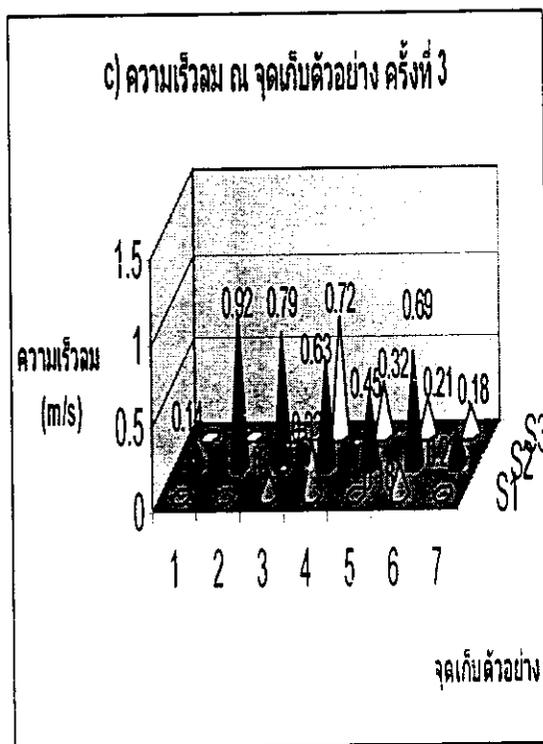
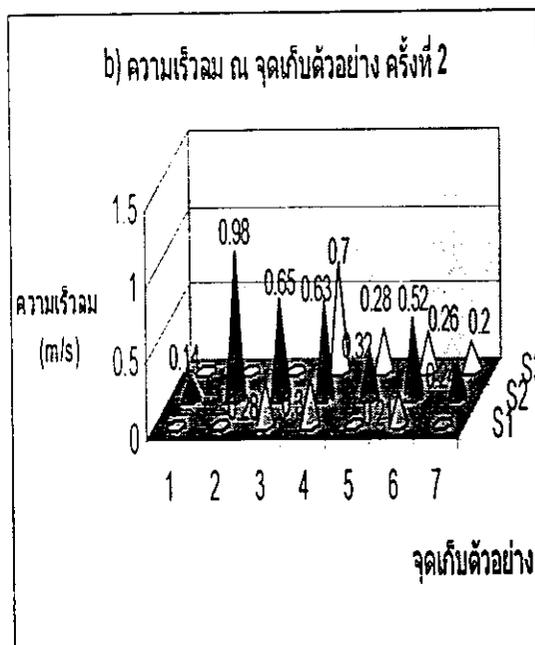
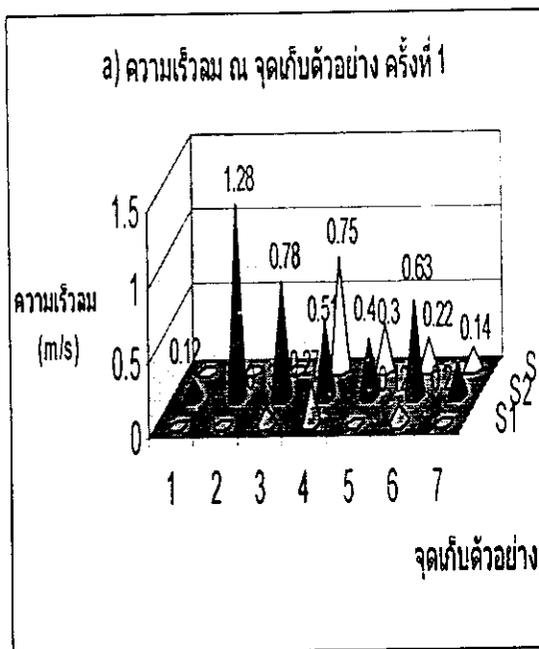


หมายเหตุ:  $XS_n$  คือจุดเก็บตัวอย่าง  $\otimes$  คือจุดปล่อยแอร์  
รูปที่ 50 แผนผังและตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างห้อง Burn unit



รูปที่ 51 สภาพทั่วไปภายในห้อง Burn Unit

การกระจายตัวของความเร็วลมตามจุดต่างๆภายในห้อง Burn Unit จากการสำรวจ ทั้ง 4 ครั้ง แสดงได้ดังรูปที่ 52 โดยพบว่าบริเวณที่มีความเร็วลมสูงจะอยู่บริเวณตำแหน่งที่ 2S<sub>2</sub> และ 3S<sub>2</sub> รูปที่ 51 บริเวณดังกล่าวมีความเร็วลมเฉลี่ย 0.78 m/s ความเร็วลมต่ำสุด 0.65 m/s และ ความเร็วลมสูงสุด 1.28 m/s เนื่องจากบริเวณนั้นเป็นจุดปล่อยลมจากท่อส่งโดยตรง และทิศทางลม จะไหลมารวมตัวกันตกบริเวณกลางห้องพอดี ส่วนบริเวณที่มีความเร็วลมน้อยหรือจุดอับอากาศจะ อยู่บริเวณมุมห้อง ในตำแหน่งที่ 3S<sub>1</sub>, 4S<sub>1</sub>, 6S<sub>1</sub> และ 6S<sub>2</sub> โดยบริเวณนี้มีความเร็วลมเฉลี่ย 0.18 m/s ความเร็วลมต่ำสุด 0.13 m/s และความเร็วลมสูงสุด 0.32 m/s สาเหตุเนื่องจากอยู่บริเวณอยู่ห่างจาก จุดปล่อยลมจากท่อส่งโดยตรง แต่อย่างไรก็ตามภายในห้อง Burn Unit มีความเร็วลมที่ไม่ต่างกัน มากนัก เนื่องจากห้องดังกล่าวใช้ระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวม และส่งลมผ่านตามท่อสู่จุดปล่อย ต่างๆทั่วห้อง ดังรูปที่ 50 จำนวนจุลินทรีย์ที่พบจึงไม่แตกต่างกันมากนัก ถ้าเทียบกับ เครื่องปรับอากาศชนิดเดี่ยว รวมถึงไม่พบว่ามีจุดใดที่ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เกินค่ามาตรฐานด้วย เช่นกัน



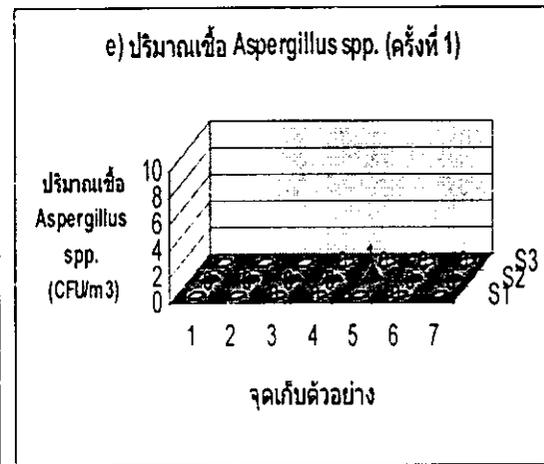
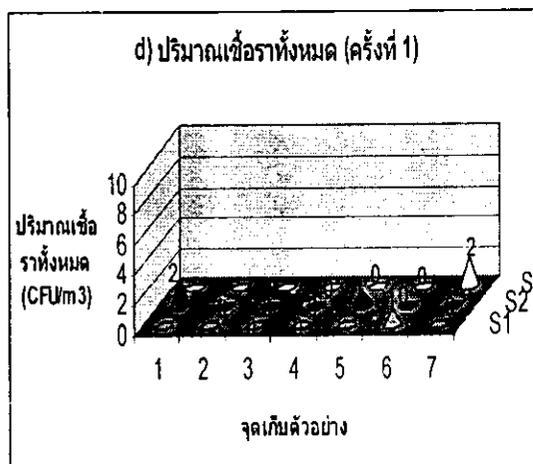
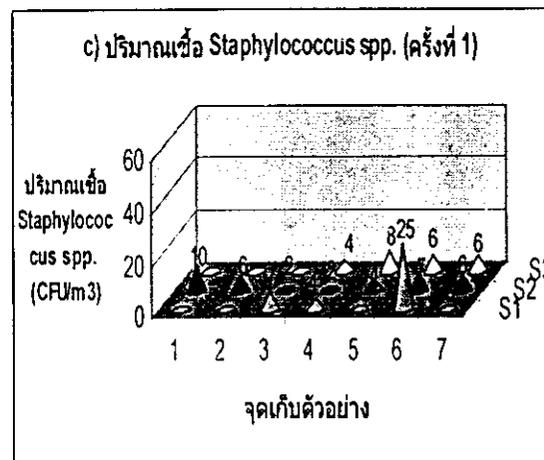
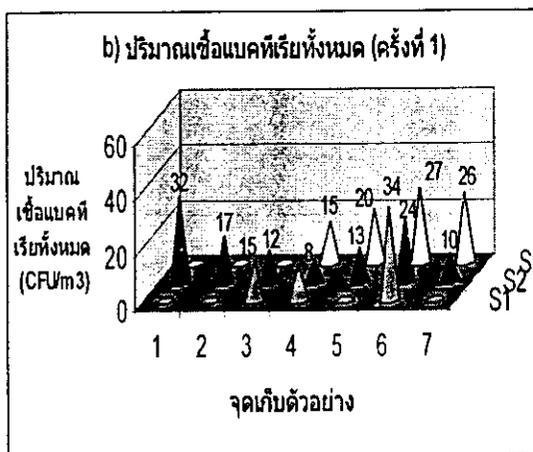
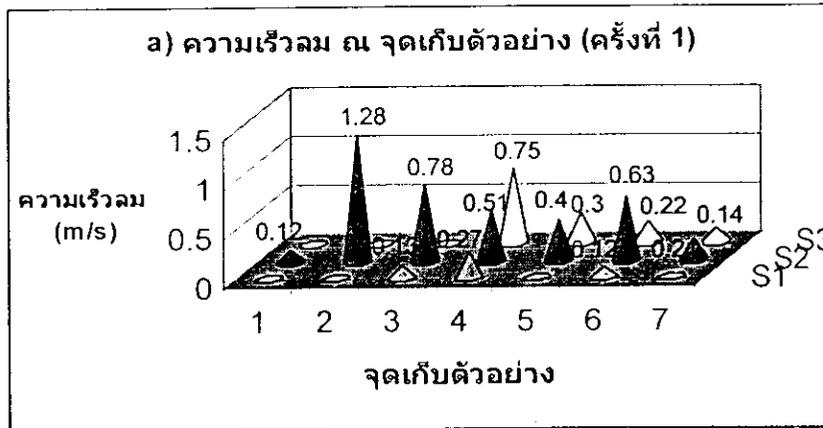
หมายเหตุ : ตำแหน่งที่ 1S<sub>1</sub>, 1S<sub>3</sub>, 2S<sub>1</sub>, 2S<sub>3</sub>, 5S<sub>1</sub> และ 7S<sub>1</sub> ไม่สามารถทำการเก็บตัวอย่างได้

รูปที่ 52

ความเร็วลม ณ จุดเก็บตัวอย่างจำนวน 4 ครั้ง ของห้อง Burn Unit:

a) ครั้งที่ 1, b) ครั้งที่ 2, c) ครั้งที่ 3, d) ครั้งที่ 4

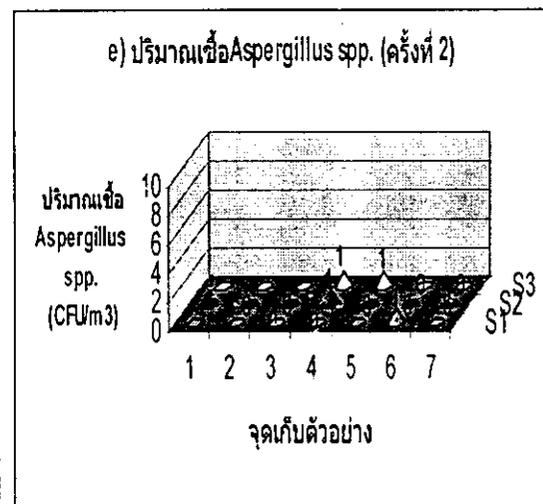
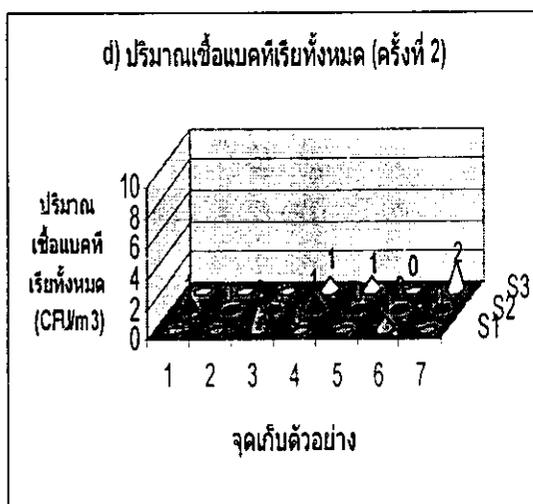
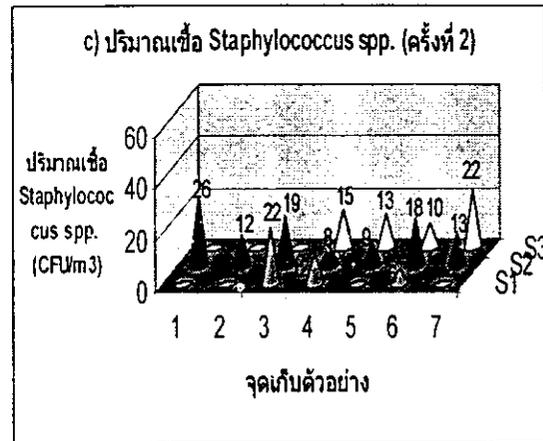
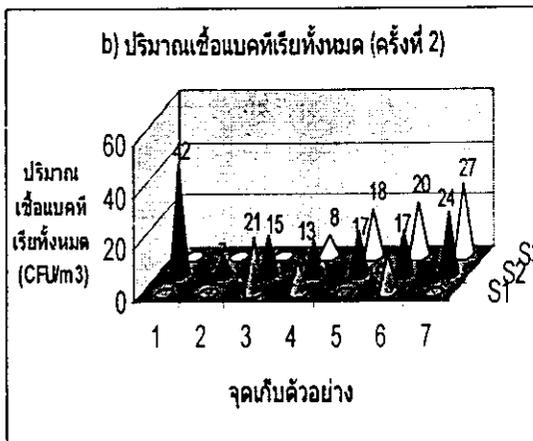
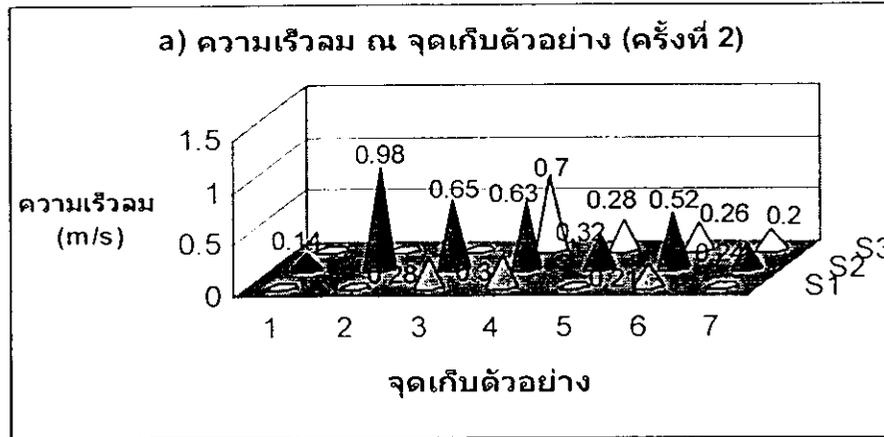
ในส่วนของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อจุลินทรีย์กับจุดอับอากาศ พบว่าในการศึกษาทั้ง 4 ครั้ง ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด เชื้อ *Staphylococcus spp.* เชื้อราทั้งหมด และเชื้อ *Aspergillus spp.* จะมีปริมาณแปรผกผันกับความเร็วลม (รูปที่ 53 ถึง รูปที่ 56) กล่าวคือ ในการศึกษาครั้งที่ 1 พบจุดที่มีความเร็วลมสูงสุดที่ จุด 2S<sub>2</sub> มีความเร็วลม 1.28 m/s (รูปที่ 53a) แต่กลับพบปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดเพียง 17 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 53b) พบเชื้อ *Staphylococcus spp.* เพียง 6 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 53c) ไม่พบเชื้อราทั้งหมดและไม่พบเชื้อ *Aspergillus spp.* เลย (รูปที่ 53d และ 53e) ส่วนจุดที่ 1S<sub>2</sub> ซึ่งมีความเร็วลมน้อยที่สุดคือ 0.12 m/s (รูปที่ 53a) กลับพบเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดสูงถึง 32 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 53b) พบเชื้อ *Staphylococcus spp.* 10 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 53c) เชื้อราทั้งหมด 2 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 53d) แต่ไม่พบเชื้อ *Aspergillus spp.* (รูปที่ 53e) โดยความเร็วลมที่ต่างกัน 1.16 m/s ทำให้มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดเพิ่มขึ้นถึง 2 เท่าตัว เชื้อ *Staphylococcus spp.* สูงขึ้น 1.7 เท่าตัว โดยในห้องเดียวกันพบความเร็วลมต่างกันได้มากถึง 11 เท่า (0.12 m/s และ 1.28 m/s)



หมายเหตุ : ตำแหน่งที่ 1S<sub>1</sub>, 1S<sub>3</sub>, 2S<sub>1</sub>, 2S<sub>3</sub>, 5S<sub>1</sub> และ 7S<sub>1</sub> ไม่สามารถทำการเก็บตัวอย่างได้

รูปที่ 53 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม ณ จุดเก็บตัวอย่างต่างๆ ในห้อง Burn Unit กับ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ครั้งที่ 1 : a) ความเร็วลม, b) ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด, c) ปริมาณเชื้อ *Staphylococcus spp.*, d) ปริมาณเชื้อราทั้งหมด, e) ปริมาณเชื้อ *Aspergillus spp.*

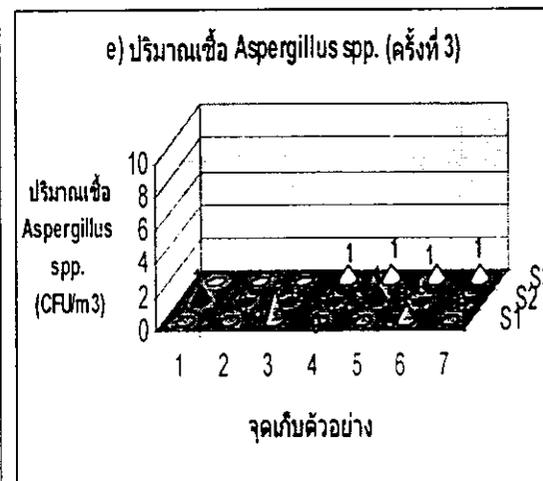
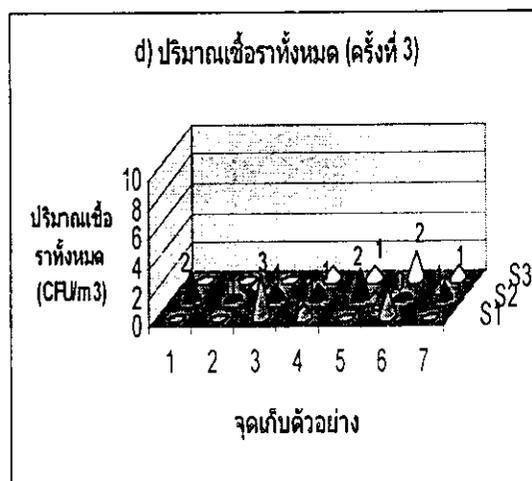
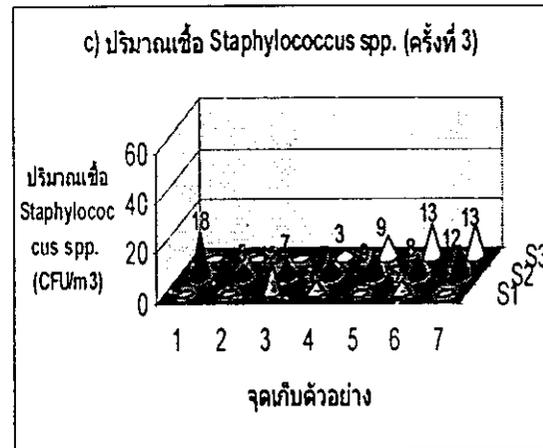
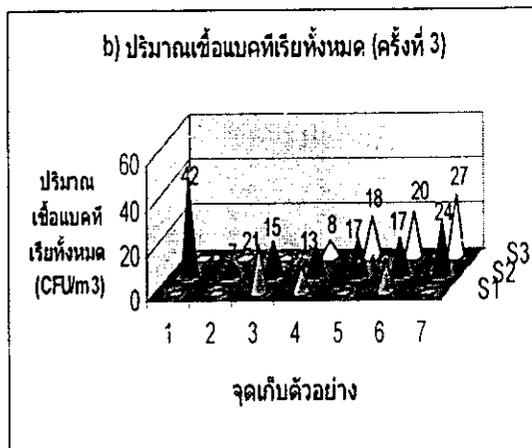
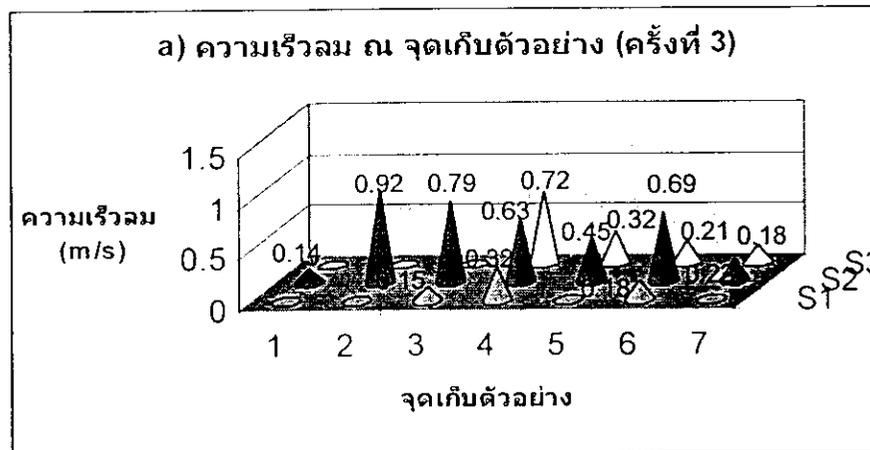
การศึกษาในครั้งที่ 2 แสดงในรูปที่ 54 โดยจุดที่มีความเร็วลมสูงสุดที่จุด 2S<sub>2</sub> มีความเร็วลม 0.92 m/s (รูปที่ 54a) แต่กลับพบปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดน้อยที่สุดเพียง 7 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 54b) พบเชื้อ *Staphylococcus spp.* เพียง 12 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 54c) เชื้อราทั้งหมดและเชื้อ *Aspergillus spp.* ไม่พบเลย (รูปที่ 54d และ 54e) ส่วนจุดที่ 1S<sub>2</sub> ซึ่งมีความเร็วลมน้อยที่สุดคือ 0.14 m/s (รูปที่ 54a) กลับพบเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดสูงสุด 42 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 54b) พบเชื้อ *Staphylococcus spp.* สูงสุด 26 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 54c) เชื้อราทั้งหมด 1 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 43d) และพบเชื้อ *Aspergillus spp.* 1 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 54e) โดยความเร็วลมที่ต่างกัน 0.84 m/s ทำให้มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดเพิ่มขึ้นถึง 3.5 เท่าตัว เชื้อ *Staphylococcus spp.* สูงขึ้น 3.7 เท่าตัว โดยในห้องเดียวกันพบความเร็วลมต่างกันได้มากถึง 7 เท่า (0.14 m/s และ 0.98 m/s)



หมายเหตุ : ตำแหน่งที่ 1S<sub>1</sub>, 1S<sub>3</sub>, 2S<sub>1</sub>, 2S<sub>3</sub>, 5S<sub>1</sub> และ 7S<sub>1</sub> ไม่สามารถทำการเก็บตัวอย่างได้

รูปที่ 54 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม ณ จุดเก็บตัวอย่างต่างๆในห้อง Burn Unit กับ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ครั้งที่ 2 : a) ความเร็วลม, b) ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด, c) ปริมาณเชื้อ *Staphylococcus spp.*, d) ปริมาณเชื้อราทั้งหมด, e) ปริมาณเชื้อ *Aspergillus spp.*

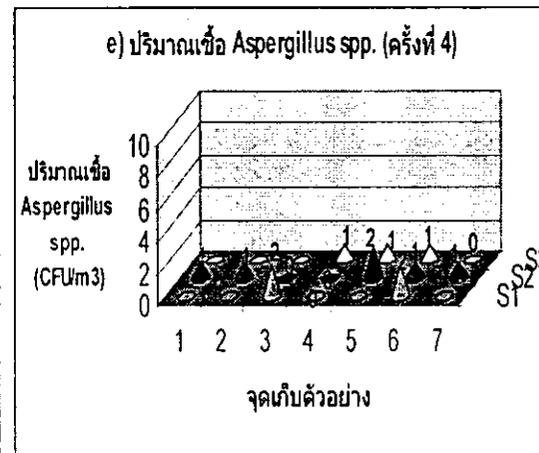
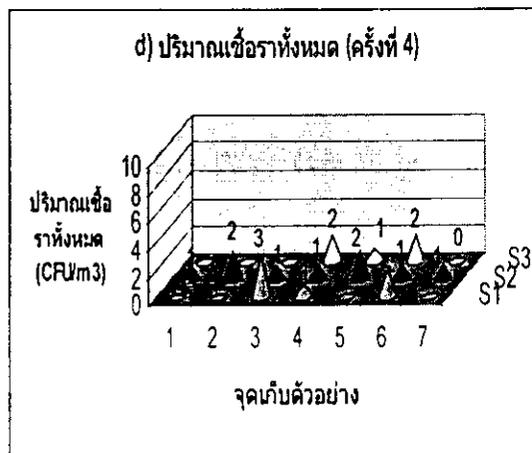
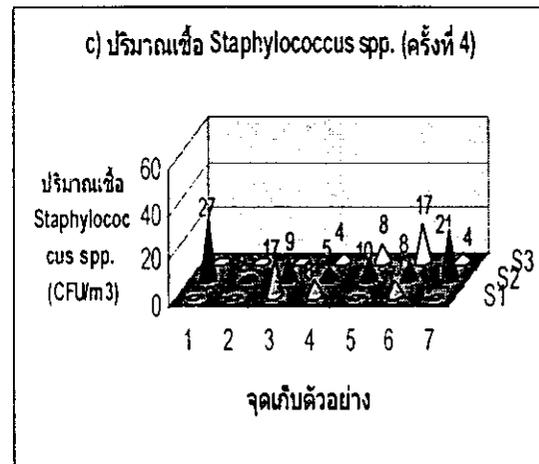
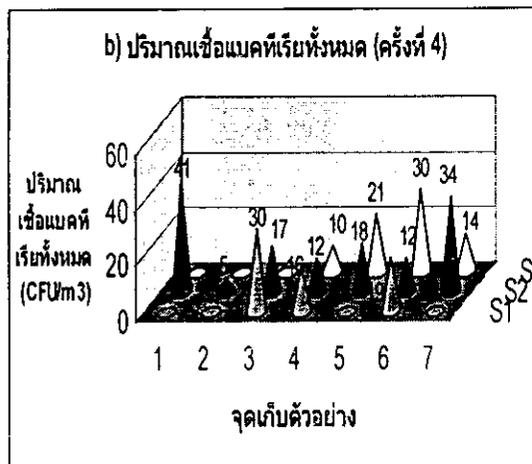
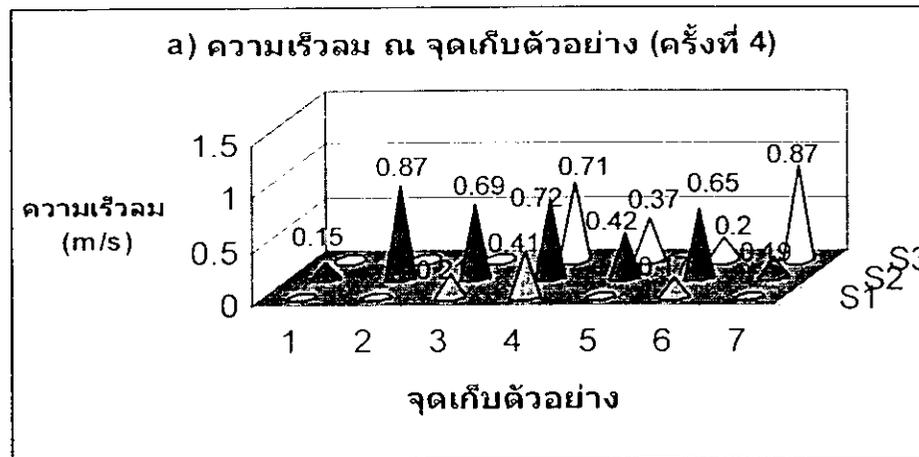
ในรูปที่ 55 จุดที่มีความเร็วลมสูงสุดที่ จุด 2S<sub>2</sub> มีความเร็วลม 0.92 m/s (รูปที่ 55a) พบปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดเพียง 7 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 55b) พบเชื้อ *Staphylococcus spp.* เพียง 5 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 55c) เชื้อราทั้งหมดและเชื้อ *Aspergillus spp.* ไม่พบเลย (รูปที่ 55c และ 55e) ส่วนจุดที่ 2S<sub>2</sub> ซึ่งมีความเร็วลมน้อยที่สุดคือ 0.14 m/s (รูปที่ 55a) กลับพบเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดสูงสุด 42 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 55b) พบเชื้อ *Staphylococcus spp.* 18 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 55c) เชื้อราทั้งหมด 2 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 55d) และพบเชื้อ *Aspergillus spp.* 1 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 55e) โดยความเร็วลมที่ต่างกัน 0.78 m/s ทำให้มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดเพิ่มขึ้นถึง 6 เท่าตัว เชื้อ *Staphylococcus spp.* สูงขึ้น 3.6 เท่าตัว โดยในห้องเดียวกันพบความเร็วลมต่างกันได้มากถึง 6.57 เท่า (0.14 m/s และ 0.92 m/s)



หมายเหตุ : ตำแหน่งที่ 1S<sub>1</sub>, 1S<sub>3</sub>, 2S<sub>1</sub>, 2S<sub>3</sub>, 5S<sub>1</sub> และ 7S<sub>1</sub> ไม่สามารถทำการเก็บตัวอย่างได้

รูปที่ 55 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม ณ จุดเก็บตัวอย่างต่างๆ ในห้อง Burn Unit กับ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ครั้งที่ 3 : a) ความเร็วลม, b) ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด, c) ปริมาณเชื้อ *Staphylococcus spp.*, d) ปริมาณเชื้อราทั้งหมด, e) ปริมาณเชื้อ *Aspergillus spp.*

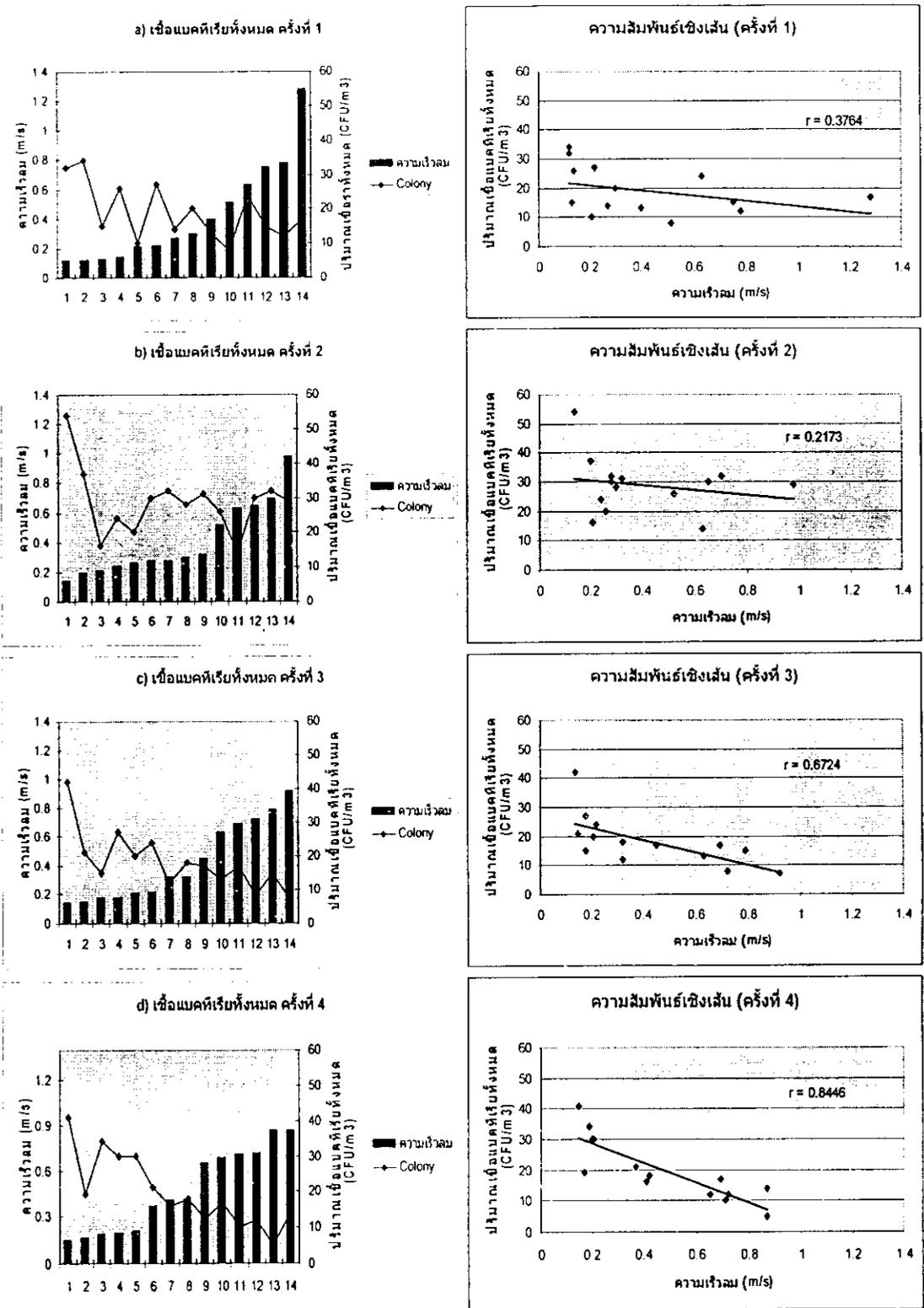
ส่วนในรูปที่ 56 จุดที่มีความเร็วลมสูงสุดที่ จุด 2S<sub>2</sub> และจุด 8S<sub>3</sub> มีความเร็วลม 0.87 m/s (รูปที่ 56a) พบปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด 17 และ 14 CFU/m<sup>3</sup> ตามลำดับ (รูปที่ 56b) พบเชื้อ *Staphylococcus spp.* เพียง 2 และ 4 CFU/m<sup>3</sup> ตามลำดับ (รูปที่ 56c) ส่วนเชื้อราทั้งหมดพบ 1 และ 0 CFU/m<sup>3</sup> ตามลำดับ ส่วนเชื้อ *Aspergillus spp.* ไม่พบเลย (รูปที่ 56d และ 56e) ส่วนจุดที่ 1S<sub>2</sub> ซึ่งมีความเร็วลมน้อยที่สุดคือ 0.15 m/s (รูปที่ 56a) กลับพบเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดสูงสุด 41 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 56b) พบเชื้อ *Staphylococcus spp.* 27 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 56c) เชื้อราทั้งหมด 1 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 56d) และเชื้อ *Aspergillus spp.* 1 CFU/m<sup>3</sup> (รูปที่ 56e) โดยความเร็วลมที่ต่างกัน 0.72 m/s ทำให้มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดเพิ่มขึ้นถึง 2.93 เท่าตัว เชื้อ *Staphylococcus spp.* สูงขึ้น 13.5 เท่าตัว โดยในห้องเดียวกันพบความเร็วลมต่างกันได้มากถึง 5.8 เท่า (0.15 m/s และ 0.87 m/s)



หมายเหตุ : ตำแหน่งที่ 1S<sub>1</sub>, 1S<sub>3</sub>, 2S<sub>1</sub>, 2S<sub>3</sub>, 5S<sub>1</sub> และ 7S<sub>1</sub> ไม่สามารถทำการเก็บตัวอย่างได้

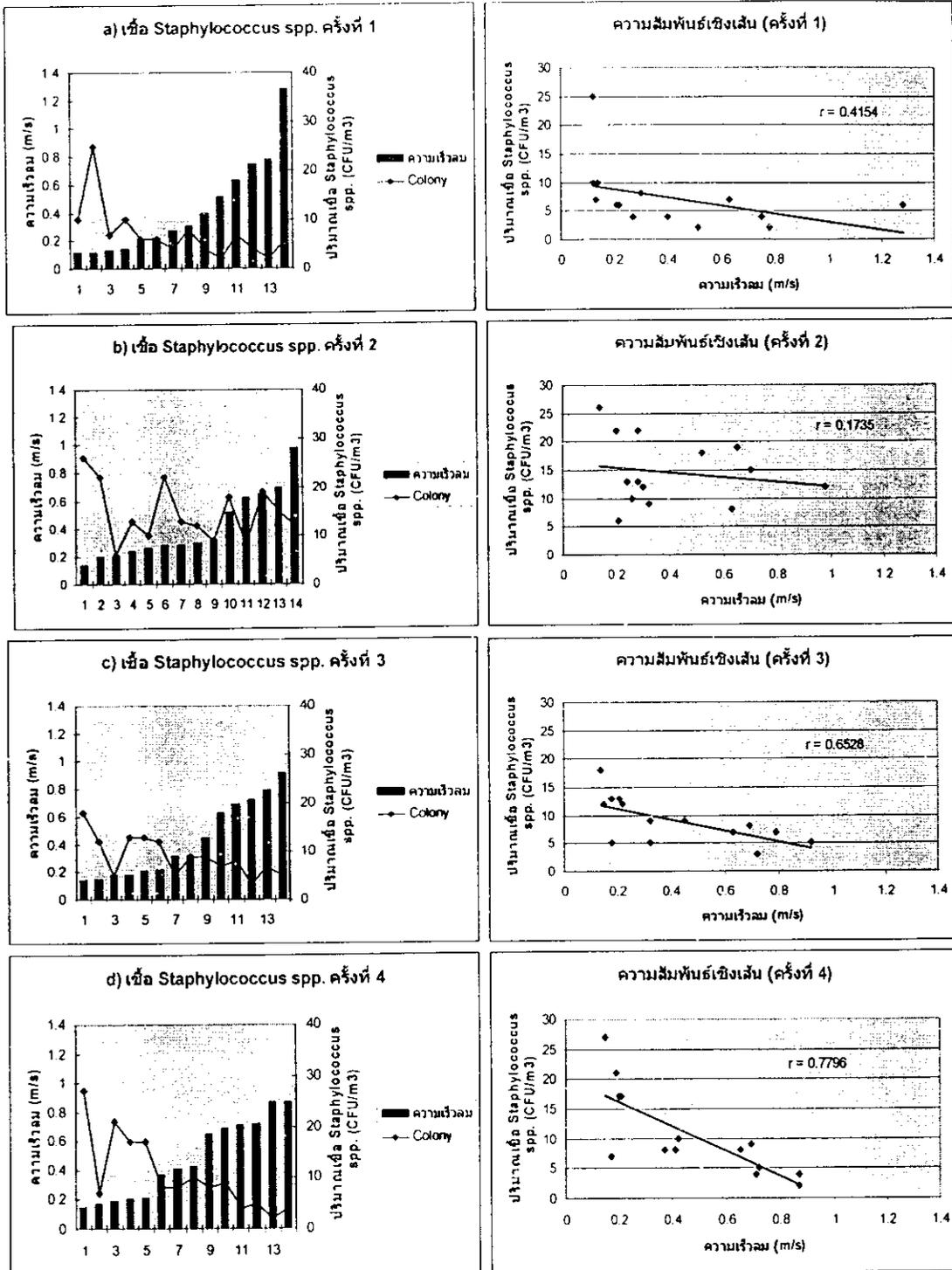
รูปที่ 56 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม ณ จุดเก็บตัวอย่างต่างๆในห้อง Burn Unit กับ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ครั้งที่ 4 : a) ความเร็วลม, b) ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด, c) ปริมาณเชื้อ *Staphylococcus spp.*, d) ปริมาณเชื้อราทั้งหมด, e) ปริมาณเชื้อ *Aspergillus spp.*

จากความสัมพันธ์ที่แปรผกผันกันระหว่างความเร็วลม ณ จุดต่างๆภายในห้องกับ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์นั้น สามารถสรุปผลในรูปของความสัมพันธ์เชิงเส้น โดยแยกเป็นความสัมพันธ์ กับเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด (รูปที่ 57) ความสัมพันธ์กับเชื้อ *Staphylococcus spp.* (รูปที่ 58) ความสัมพันธ์กับเชื้อราทั้งหมด (รูปที่ 59) และความสัมพันธ์กับเชื้อ *Aspergillus spp.* (รูปที่ 60) โดย พบว่าเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดและเชื้อ *Staphylococcus spp.* สัมพันธ์กับความเร็วลมค่อนข้างเห็นได้ชัด เฉพาะครั้งที่ 3 และครั้งที่ 4 เท่านั้น (ค่า r เฉลี่ย = 0.53 และ 0.51 ตามลำดับ) โดยมีแนวโน้มว่า ความเร็วลมน้อยจะพบเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดมาก และในทำนองเดียวกันถ้าความเร็วลมมากขึ้นก็จะ พบปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดน้อยลงเช่นเดียวกัน



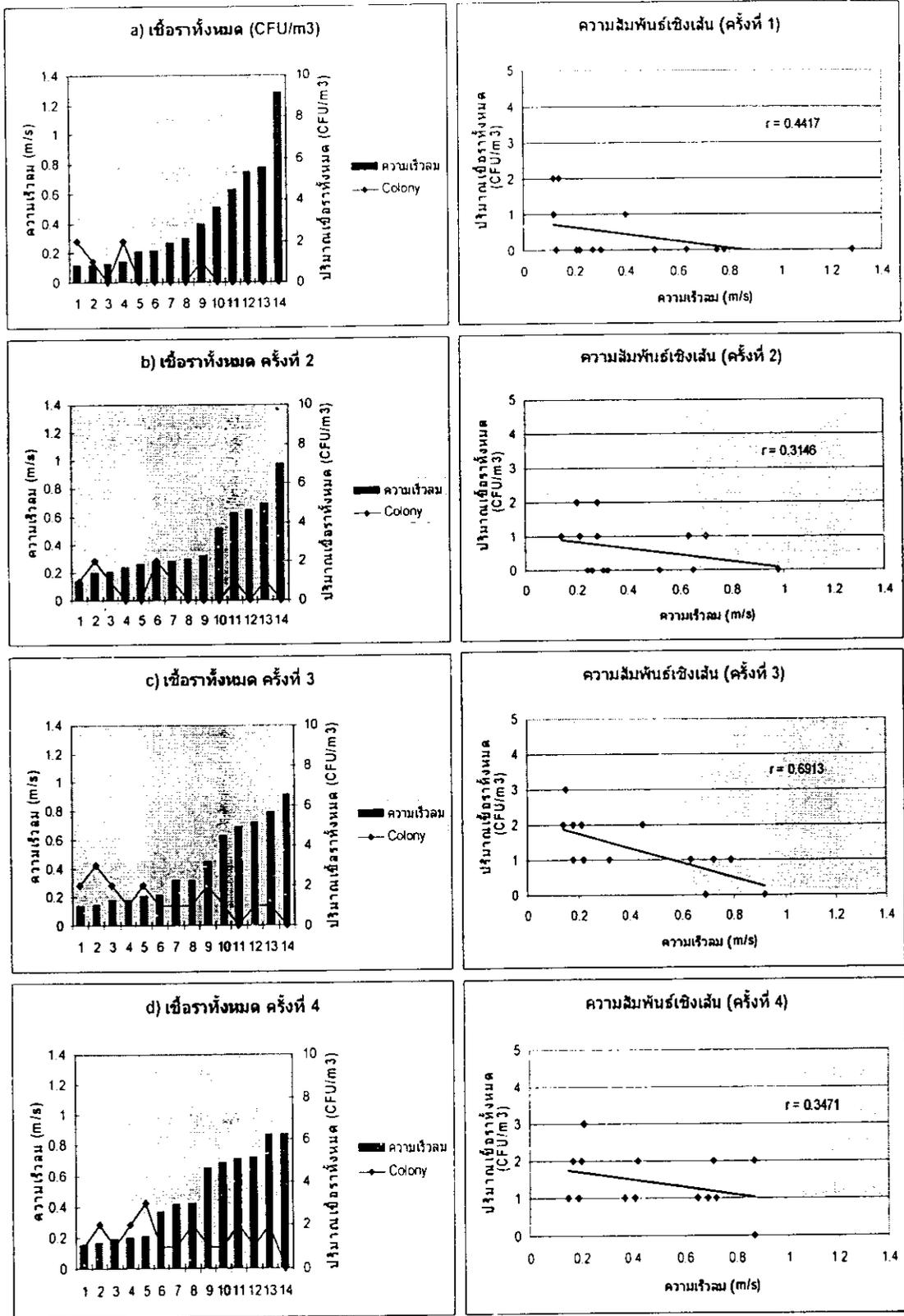
รูปที่ 57

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดในห้อง Burn Unit: a) ครั้งที่ 1, b) ครั้งที่ 2, c) ครั้งที่ 3, d) ครั้งที่ 4

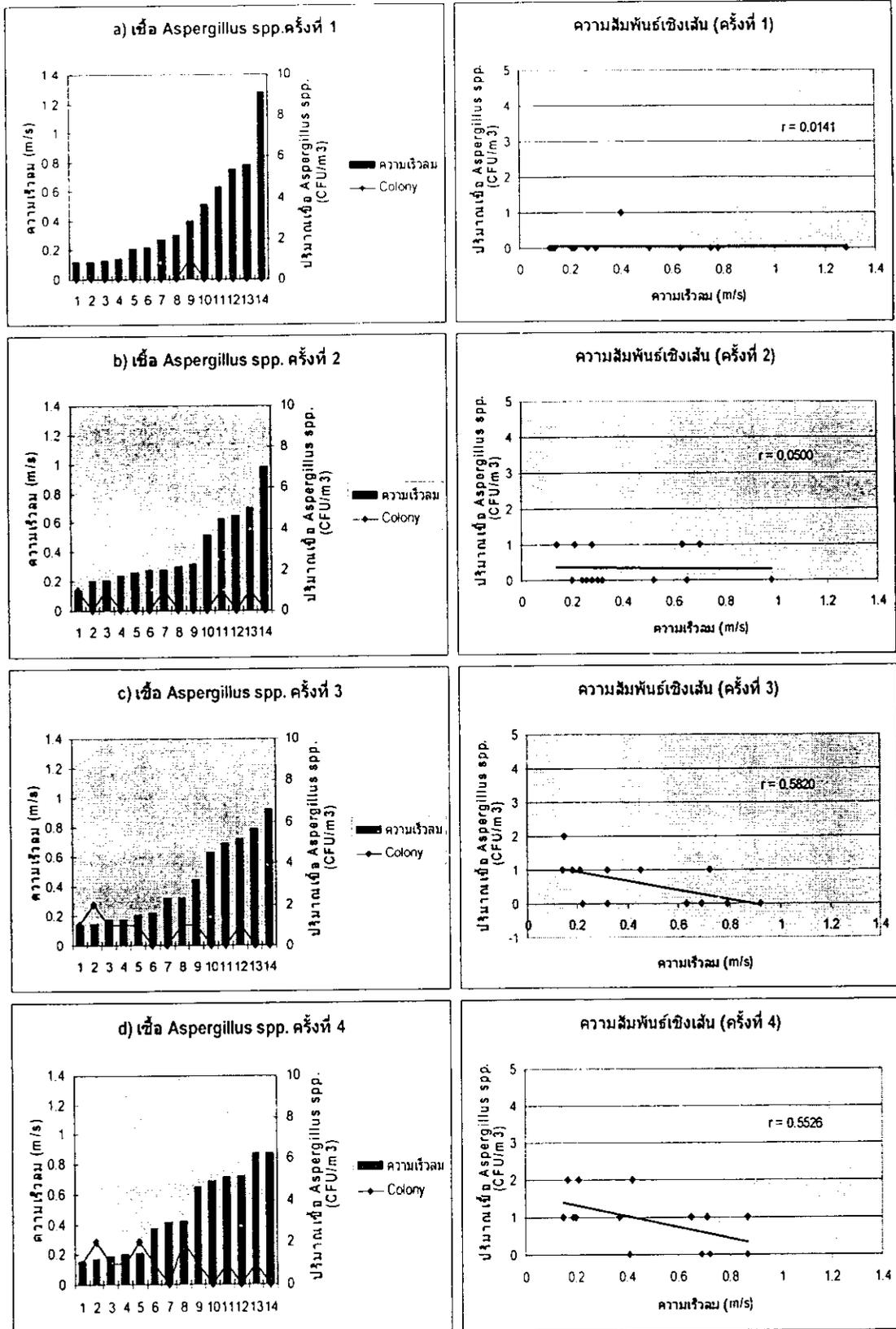


รูปที่ 58 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับปริมาณเชื้อ *Staphylococcus spp.* ในห้อง Burn Unit: a) ครั้งที่ 1, b) ครั้งที่ 2, c) ครั้งที่ 3, d) ครั้งที่ 4

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับปริมาณเชื้อราทั้งหมดมีค่าความสัมพันธ์เชิงเส้น เฉลี่ย 0.45 น้อยกว่าความสัมพันธ์ของเชื้อแบคทีเรียอย่างเห็นได้ชัด อีกทั้งมีปริมาณเชื้อราทั้งหมดคงที่ ต่างกัน  $\pm 1$  colony โดยไม่ขึ้นกับความเร็วลมแต่อย่างใด (รูปที่ 59) เช่นเดียวกับความสัมพันธ์ของเชื้อ *Aspergillus spp.* มีค่า r เฉลี่ย 0.30 (รูปที่ 60)



รูปที่ 59 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับปริมาณเชื้อราทั้งหมดในห้อง Bum Unit: a) ครั้งที่ 1, b) ครั้งที่ 2, c) ครั้งที่ 3, d) ครั้งที่ 4



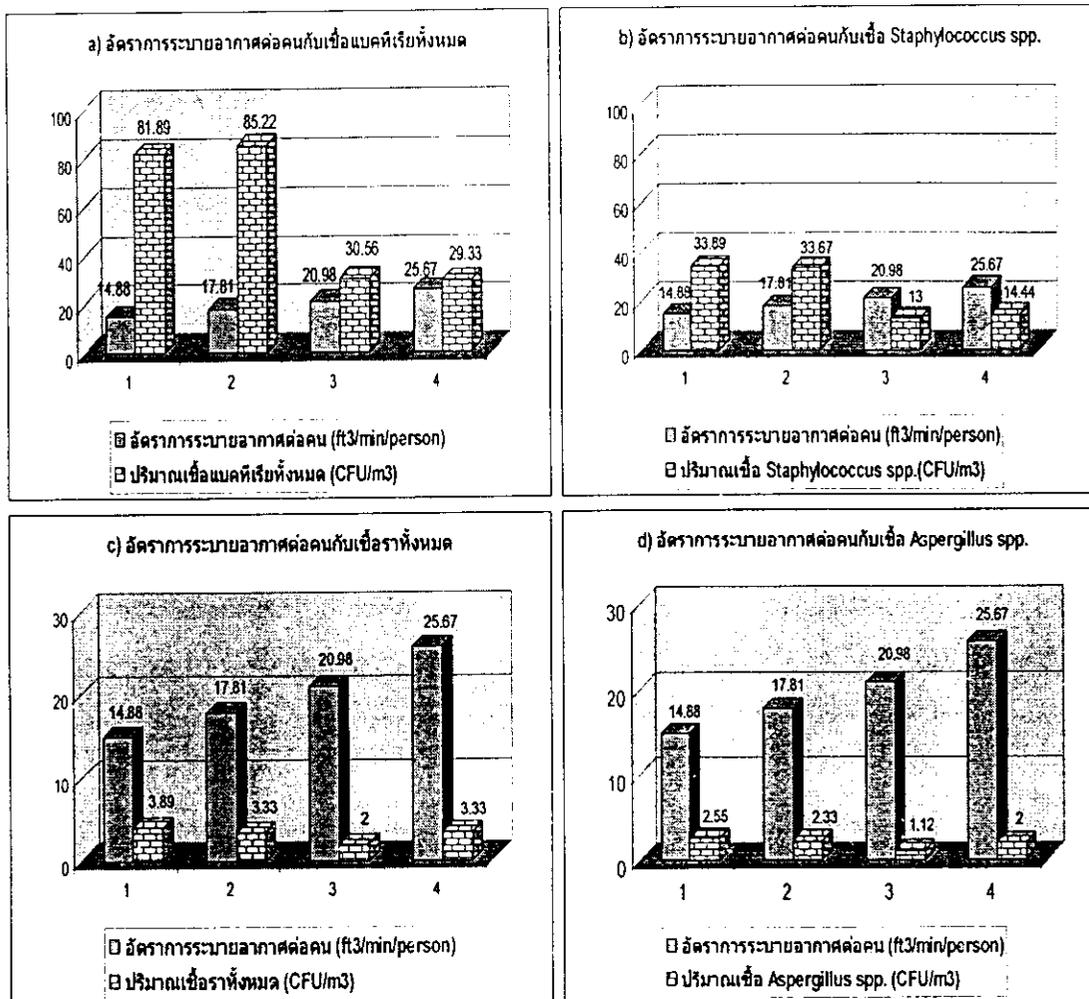
รูปที่ 60 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับปริมาณเชื้อ *Aspergillus spp.* ในห้อง Burn Unit:  
 a) ครั้งที่ 1, b) ครั้งที่ 2, c) ครั้งที่ 3, d) ครั้งที่ 4

#### 4 การเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทอากาศกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในแต่ละห้อง

การศึกษาในหัวข้อนี้เป็นการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของอัตราการถ่ายเทอากาศ ซึ่งอยู่ในรูปของอัตราการระบายอากาศต่อคนกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ ทั้งเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด เชื้อ *Staphylococcus spp.* เชื้อราทั้งหมด และเชื้อ *Aspergillus spp.* ที่เฉลี่ยจากการเก็บตัวอย่าง 4 ครั้ง ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของห้อง NICU และ PICU ซึ่งเป็นตัวแทนของระบบเครื่องปรับอากาศชนิดเดี่ยว (Single Air Unit) และห้อง ICU และ Burn unit ซึ่งเป็นตัวแทนของเครื่องปรับอากาศชนิดรวม (Central Air Unit) ดังรูปที่ 61 ถึงรูปที่ 64

##### 4.1 ห้อง NICU

การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายอากาศต่อคนกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำการศึกษาทั้ง 4 ครั้ง พบว่าอัตราการระบายอากาศต่อคนจะแปรผกผันกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ กล่าวคือ อัตราการระบายอากาศต่อคนสูงปริมาณเชื้อจุลินทรีย์จะพบในปริมาณที่ต่ำ ในทำนองเดียวกัน ถ้าอัตราการระบายอากาศต่ำจะมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่สูงขึ้น โดยอัตราการระบายอากาศต่อคนต่ำที่สุด 14.88 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อคน มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดและเชื้อ *Staphylococcus spp.* สูงถึง 81.89 และ 33.89 CFU/m<sup>3</sup> ดังรูปที่ 61a) และ 61b) ตามลำดับ ปริมาณเชื้อราทั้งหมดและเชื้อ *Aspergillus spp.* พบ 3.89 และ 2.55 CFU/m<sup>3</sup> ดังรูปที่ 61c) และ 61d) ตามลำดับ ส่วนอัตราการระบายอากาศต่อคนสูงสุดสำหรับห้อง NICU คือ 25.67 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อคน กลับมีปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดและเชื้อ *Staphylococcus spp.* เพียง 29.33 และ 14.44 CFU/m<sup>3</sup> ดังรูปที่ 61a) และ 61b) ตามลำดับ ปริมาณเชื้อราทั้งหมดและเชื้อ *Aspergillus spp.* พบ 3.33 และ 2 CFU/m<sup>3</sup> ดังรูปที่ 61c) และ 61d) ตามลำดับ โดยอัตราการระบายอากาศต่อคนต่างกันถึง 1.7 เท่า ปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อ *Staphylococcus spp.* จะเพิ่มขึ้น 2.8 และ 2.4 เท่าตัว ตามลำดับ ส่วนเชื้อราทั้งหมดและเชื้อ *Aspergillus spp.* กลับเพิ่มขึ้นเพียง 1.2 และ 1.3 เท่าตัว ตามลำดับ เท่านั้น

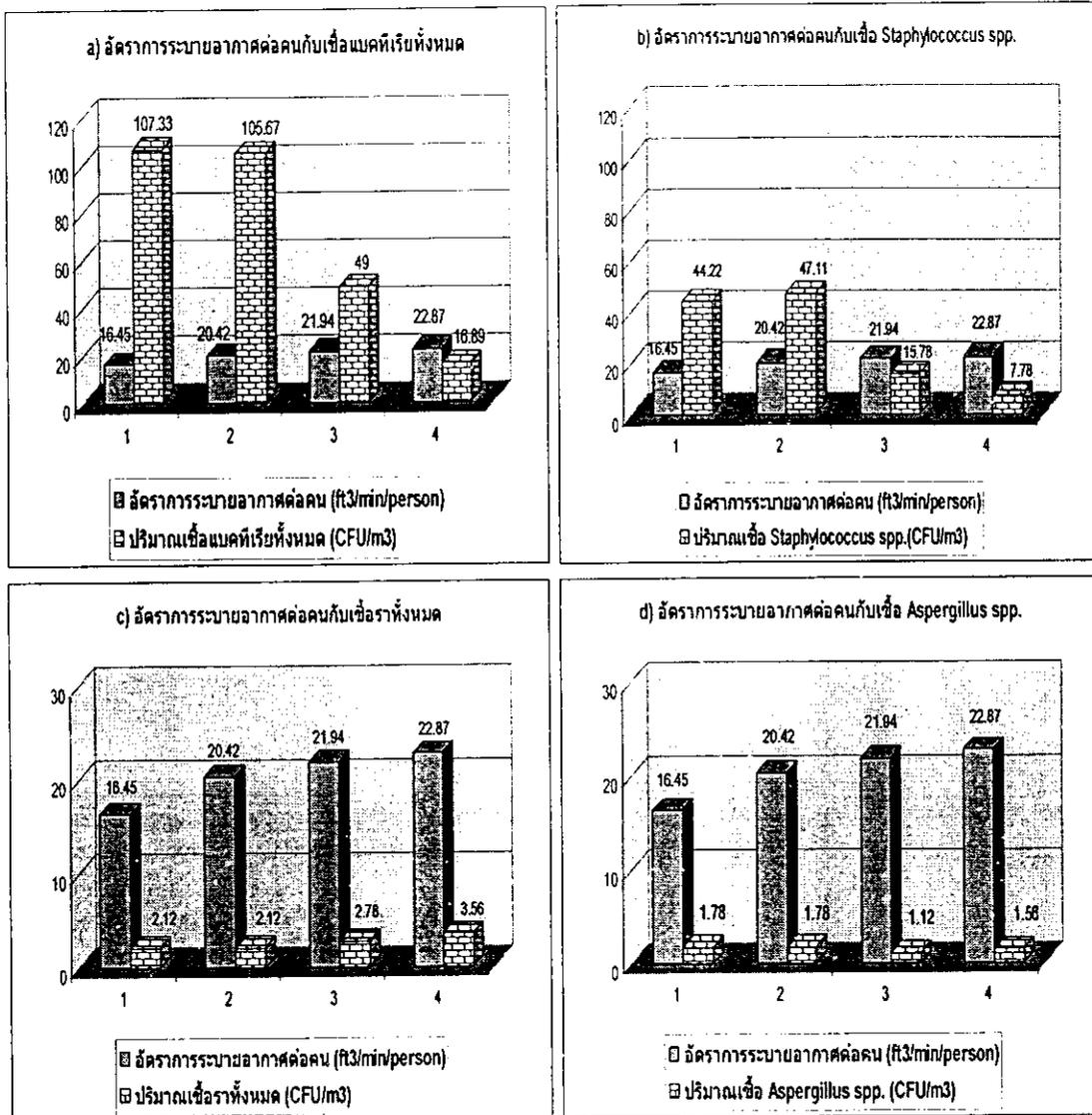


รูปที่ 61 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายอากาศต่อคนกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์

ในห้อง NICU: a) อัตราการระบายอากาศต่อคนกับเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด, b) อัตราการระบายอากาศต่อคนกับเชื้อ *Staphylococcus spp.*, c) อัตราการระบายอากาศต่อคนกับเชื้อราทั้งหมด, d) อัตราการระบายอากาศต่อคนกับเชื้อ *Aspergillus spp.*

#### 4.2 ห้อง PICU

สำหรับห้อง PICU ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายอากาศต่อคน ยังคงเป็นไปในทำนองเดียวกันกับห้อง NICU คือ อัตราการระบายอากาศต่อคนจะแปรผกผันกับ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ โดยพบว่าอัตราการระบายอากาศต่อคนต่ำที่สุด 16.45 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อ คน มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดและเชื้อ *Staphylococcus spp.* สูงสุดถึง 107.33 และ 44.22 CFU/m<sup>3</sup> ดังรูปที่ 62a) และ 62b) ตามลำดับ ปริมาณเชื้อราทั้งหมดและเชื้อ *Aspergillus spp.* พบ 2.12 และ 1.78 CFU/m<sup>3</sup> ดังรูปที่ 62c) และ 62d) ตามลำดับ ส่วนอัตราการระบายอากาศต่อคนสูงสุดคือ 22.87 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อคน กลับมีปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดและเชื้อ *Staphylococcus spp.* เพียง 16.89 และ 7.78 CFU/m<sup>3</sup> ดังรูปที่ 62a) และ 62b) ตามลำดับ ปริมาณเชื้อราทั้งหมดและเชื้อ *Aspergillus spp.* พบ 3.56 และ 1.56 CFU/m<sup>3</sup> ดังรูปที่ 62c) และ 62d) ตามลำดับ โดยอัตราการการ ระบายอากาศต่อคนต่างกันถึง 1.4 เท่า ปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อ *Staphylococcus spp.* จะเพิ่ม สูงขึ้นถึง 6.4 และ 5.7 เท่าตัว ตามลำดับ ส่วน *Aspergillus spp.* กลับเพิ่มขึ้นเพียง 1.1 เท่าตัว เท่านั้น



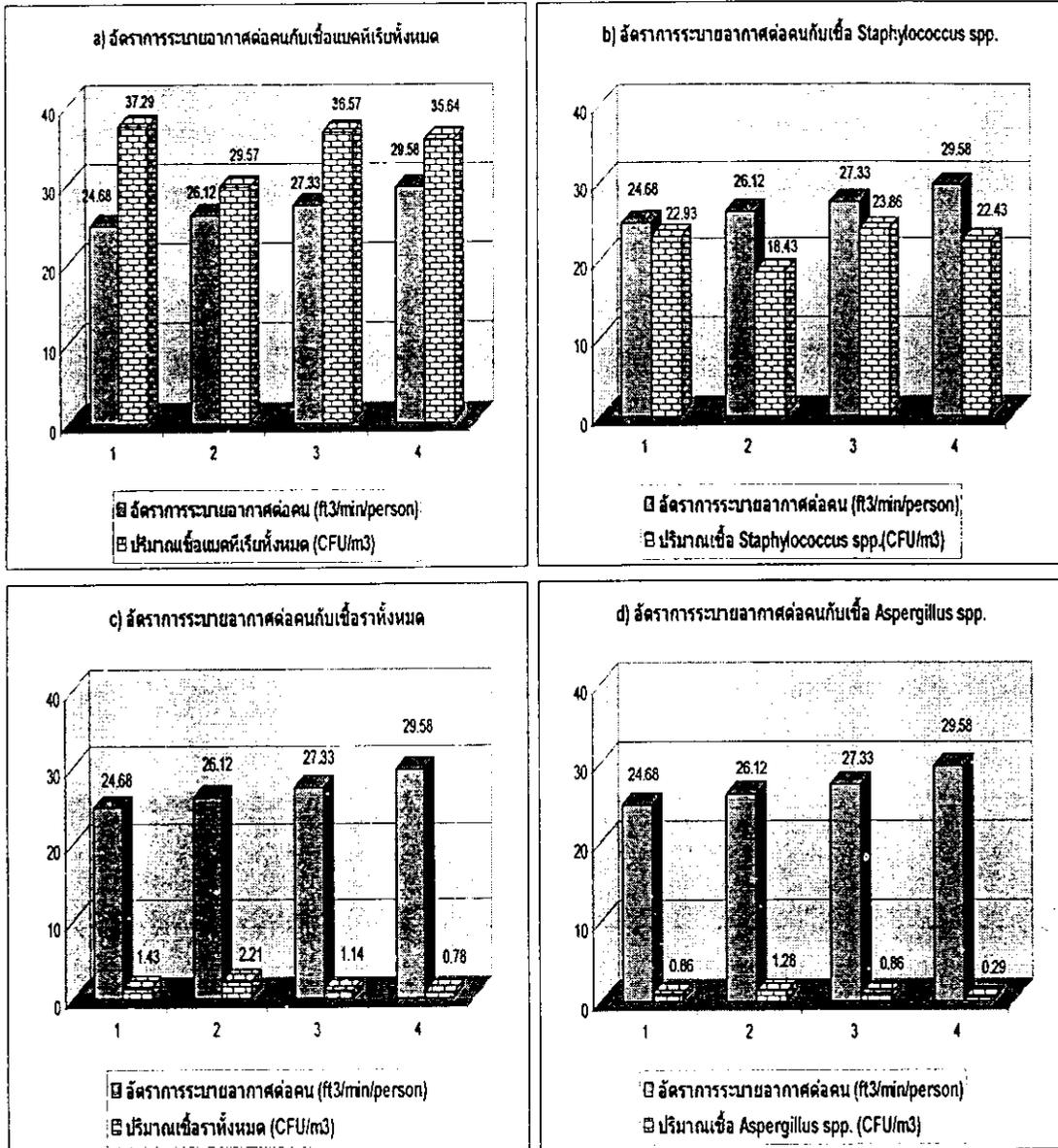
รูปที่ 62 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายอากาศต่อคนกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์

ในห้อง PICU: a) อัตราการระบายอากาศต่อคนกับเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด, b) อัตราการระบายอากาศต่อคนกับเชื้อ *Staphylococcus spp.*, c) อัตราการระบายอากาศต่อคนกับเชื้อราทั้งหมด, d) อัตราการระบายอากาศต่อคนกับเชื้อ *Aspergillus spp.*

### 4.3 ห้อง ICU

สำหรับห้อง ICU ซึ่งเป็นระบบเครื่องปรับอากาศชนิดรวม พบว่าความสัมพัทธ์นั้นไม่ชัดเจนเท่าห้อง NICU และ PICU ที่เป็นเครื่องปรับอากาศชนิดเดี่ยว โดยเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด และเชื้อ *Staphylococcus spp.* นั้นไม่พบปริมาณลดลงเมื่ออัตราการระบายอากาศต่อคนเพิ่มขึ้น (รูปที่ 63a และ 63b) ขณะที่เชื้อราทั้งหมดและเชื้อ *Aspergillus spp.* มีปริมาณลดลงเพียงเล็กน้อย เมื่ออัตราการระบายอากาศต่อคนเพิ่มขึ้น (รูปที่ 63c และ 63d) โดยอัตราการระบายอากาศต่อคนต่างกัน 1.2 เท่า ปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อ *Staphylococcus spp.* จะเพิ่มสูงขึ้น 1.1 และ 1 เท่าตัว ตามลำดับ

ทั้งนี้ปริมาณเชื้อแบคทีเรีย และเชื้อราในห้อง ICU นั้น พบว่าต่ำกว่าปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในห้อง NICU และ PICU มาก สันนิษฐานว่าการใช้ HEPA filter ในระบบเครื่องปรับอากาศชนิดรวม จะช่วยลดปริมาณฝุ่นและเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับฝุ่นละอองได้มีประสิทธิภาพกว่าห้องที่ใช้เครื่องปรับอากาศชนิดเดี่ยวที่ไม่ได้ใช้ HEPA filter

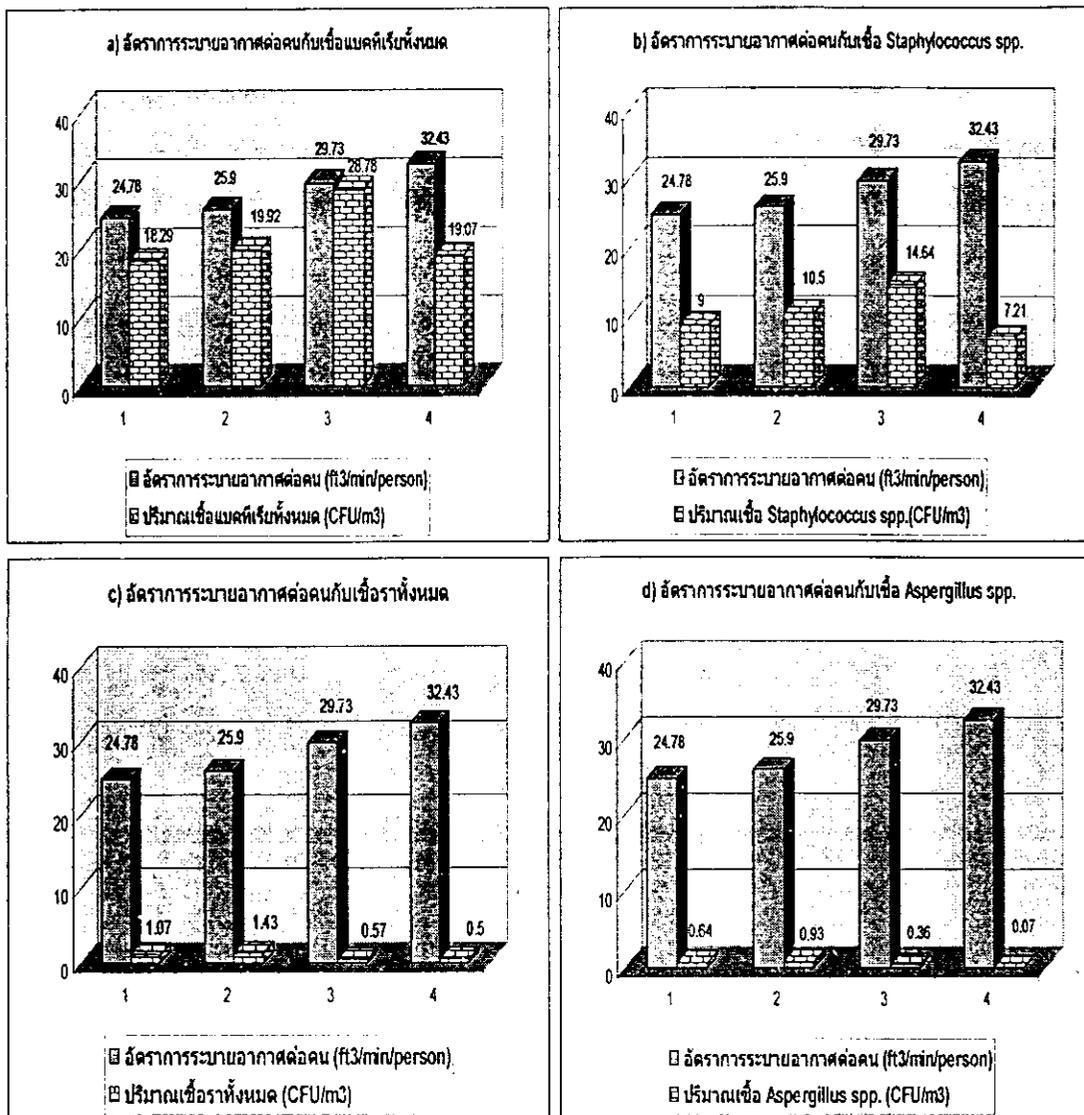


รูปที่ 63 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายอากาศต่อคนกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์

ในห้อง ICU: a) อัตราการระบายอากาศต่อคนกับเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด, b) อัตราการระบายอากาศต่อคนกับเชื้อ *Staphylococcus spp.*, c) อัตราการระบายอากาศต่อคนกับเชื้อราทั้งหมด, d) อัตราการระบายอากาศต่อคนกับเชื้อ *Aspergillus spp.*

#### 4.4 ห้อง Burn Unit

ในส่วนห้อง Burn Unit นั้น พบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายอากาศต่อคนกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในลักษณะเดียวกันกับที่พบในห้อง ICU กล่าวคือ เชื้อแบคทีเรียทั้งหมดและเชื้อ *Staphylococcus spp.* ไม่มีความสัมพันธ์ที่ชัดเจนกับอัตราการระบายอากาศต่อคนที่เพิ่มขึ้น (รูปที่ 64a และ 64b) ขณะที่เชื้อราทั้งหมดและเชื้อ *Aspergillus spp.* พบความสัมพันธ์ที่แปรผกผันกันระหว่างอัตราการระบายอากาศต่อคนที่เพิ่มขึ้น กับปริมาณเชื้อราที่ลดลง ถึงแม้จะไม่ชัดเจนเท่าห้อง NICU และ PICU ก็ตาม (รูปที่ 64c และ 64d) โดยอัตราการระบายอากาศต่อคนต่างกัน 1.3 เท่า ปริมาณ เชื้อ *Staphylococcus spp.* จะเพิ่มขึ้น 1.25 เท่าตัว ส่วนเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด เชื้อราทั้งหมดและ เชื้อ *Aspergillus spp.* พบว่าไม่มีความแตกต่างเท่าใดนัก โดยปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่น้อยกว่าห้อง NICU และ PICU นั้น น่าจะมีสาเหตุมาจากการใช้ HEPA filter เช่นเดียวกับที่อธิบายในส่วนห้อง ICU



รูปที่ 64 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายอากาศต่อคนกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์

ในห้อง Bum Unit: a) อัตราการระบายอากาศต่อคนกับเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด, b) อัตราการระบายอากาศต่อคนกับเชื้อ *Staphylococcus spp.*, c) อัตราการระบายอากาศต่อคนกับเชื้อราทั้งหมด, d) อัตราการระบายอากาศต่อคนกับเชื้อ *Aspergillus spp.*

เมื่อเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทอากาศกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 4 ห้อง (ตารางที่ 17) พบว่าห้อง NICU มีอัตราการระบายอากาศเฉลี่ยต่อคนน้อยที่สุดคือ 19.84 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อคน รองลงมาคือห้อง PICU มีอัตราการระบายอากาศเฉลี่ยต่อคน 20.42 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อคน โดยพบเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดเฉลี่ย 56.75 และ 69.72 CFU/m<sup>3</sup> ตามลำดับ พบเชื้อ *Staphylococcus spp.* โดยเฉลี่ย 23.75 และ 28.72 CFU/m<sup>3</sup> ตามลำดับ ส่วนเชื้อราทั้งหมดมีปริมาณโดยเฉลี่ย 3.14 และ 2.65 CFU/m<sup>3</sup> ตามลำดับ และมีเชื้อ *Aspergillus spp.* โดยเฉลี่ย 2 และ 1.56 CFU/m<sup>3</sup> ในห้อง NICU และ PICU ตามลำดับ

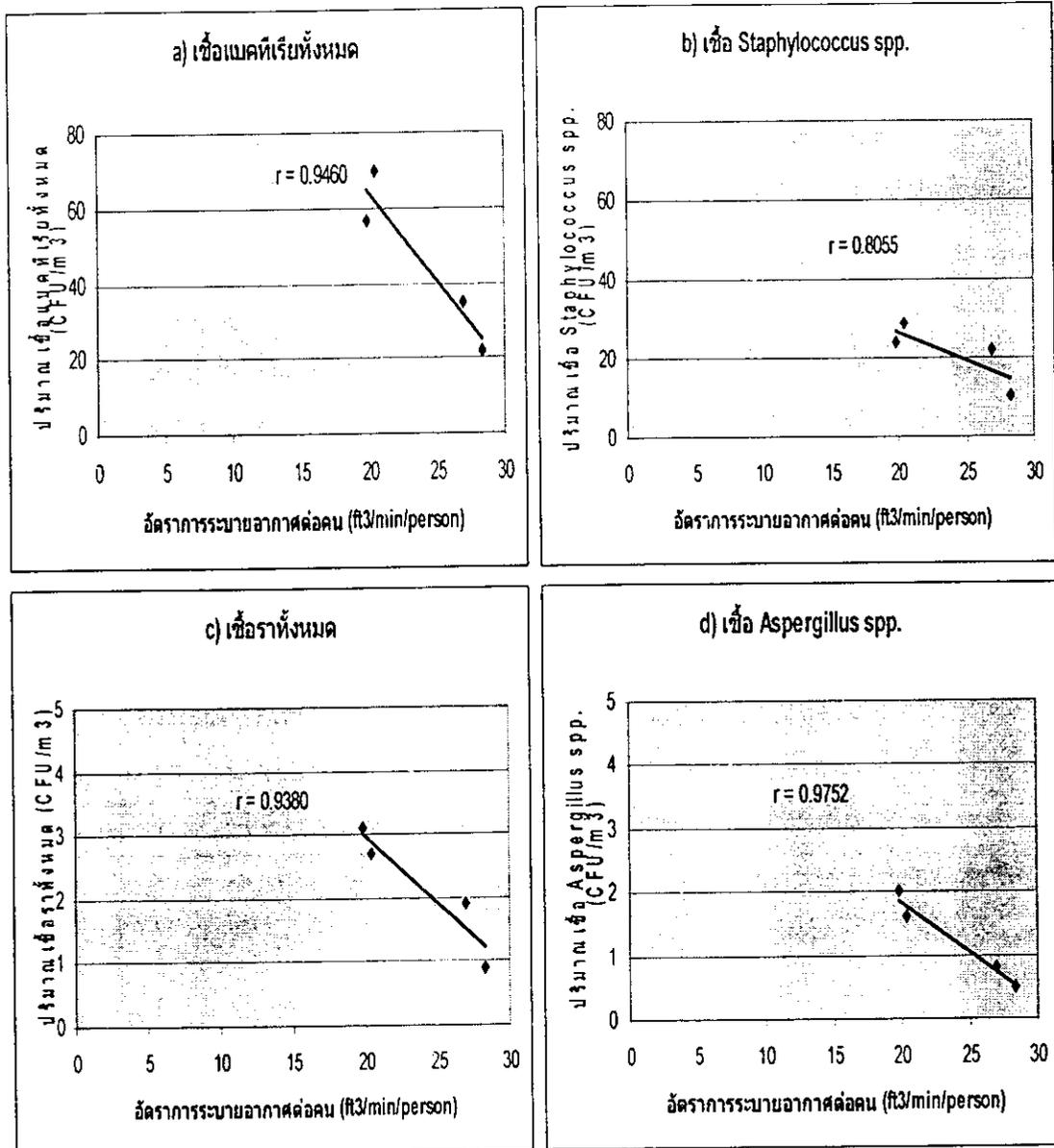
สำหรับห้องที่มีอัตราการระบายอากาศต่อคนมากที่สุดคือห้อง Burn Unit รองลงมาคือห้อง ICU โดยอัตราการระบายอากาศของทั้งคู่ มีค่ามากกว่ามาตรฐานกำหนด คือ 28.26 และ 26.92 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อคน ตามลำดับ โดยเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดที่พบเฉลี่ย 21.52 และ 34.77 CFU/m<sup>3</sup> ตามลำดับ มีเชื้อ *Staphylococcus spp.* เฉลี่ย 10.34 และ 21.91 CFU/m<sup>3</sup> ตามลำดับ ส่วนเชื้อราทั้งหมดมีปริมาณโดยเฉลี่ย 0.89 และ 1.39 CFU/m<sup>3</sup> ตามลำดับ และมีเชื้อ *Aspergillus spp.* เฉลี่ย 0.5 และ 0.82 CFU/m<sup>3</sup> ตามลำดับ

ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า ห้องที่มีอัตราการระบายอากาศต่อคนสูงจะพบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ได้น้อยกว่าห้องที่มีอัตราการระบายอากาศต่อคนต่ำ โดยเรียงลำดับอัตราการระบายอากาศต่อคนของห้องต่างๆที่ศึกษาจากน้อยไปหามากได้เป็น ห้อง NICU < PICU < ICU < Burn Unit ตามลำดับ

ตารางที่ 17 เปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทอากาศกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในห้องต่างๆ

ห้อง	อัตราการระบายอากาศต่อคน (ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อคน)	ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด (CFU/m <sup>3</sup> )	ปริมาณเชื้อ <i>Staphylococcus spp.</i> (CFU/m <sup>3</sup> )	ปริมาณเชื้อราทั้งหมด (CFU/m <sup>3</sup> )	ปริมาณเชื้อ <i>Aspergillus spp.</i> (CFU/m <sup>3</sup> )
NICU	19.8	56.8	23.8	3.1	2
PICU	20.4	69.7	28.7	2.7	1.6
ICU	26.9	34.8	21.9	1.9	0.8
Burn Unit	28.3	21.5	10.3	0.9	0.5

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายอากาศต่อคนกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ ในรูปความสัมพันธ์เชิงเส้น แสดงได้ดังรูปที่ 65 พบว่าทุกชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ที่ศึกษา (แบคทีเรียทั้งหมด, *Staphylococcus spp.*, ราทั้งหมด และ *Aspergillus spp.*) ปริมาณของ จุลินทรีย์ที่ปรากฏ มีความสัมพันธ์กับอัตราการระบายอากาศต่อคนอย่างชัดเจน กล่าวคือ รูปที่ 65a) ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายอากาศต่อคนกับปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด มีค่า  $r = 0.9460$  ในรูปที่ 65b) ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายอากาศต่อคนกับปริมาณเชื้อ *Staphylococcus spp.* มีค่า  $r = 0.8055$  ส่วนรูปที่ 65c) ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายอากาศต่อคนกับปริมาณเชื้อราทั้งหมด มีค่า  $r = 0.9380$  และรูปที่ 65c) ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายอากาศต่อคนกับปริมาณเชื้อ *Aspergillus spp.* มีค่า  $r = 0.9752$  ซึ่งความสัมพันธ์เชิงเส้นดังกล่าวสนับสนุนผลการสรุปที่ว่า ห้องที่มีอัตราการระบายอากาศต่อคนสูงจะพบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์น้อย และทำนองเดียวกัน ห้องที่มีอัตราการระบายอากาศต่อคนต่ำก็จะพบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์มาก



รูปที่ 65 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายอากาศต่อคนกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์:

- a) เชื้อแบคทีเรียทั้งหมด, b) เชื้อ *Staphylococcus spp.*, c) เชื้อราทั้งหมด,  
d) เชื้อ *Aspergillus spp.*