บทที่ 6
การวิเคราะห์ผลการทดลอง

6.1 ปริมาณน้ำชะมูลฝอย ที่เกิดขึ้นต่อขยะชุมชนปริมาณ 1 ตัน

6.1.1 หาสูตรเคมีของขยะอินทรีย์โดยวิธี Ultimate analysis จากองค์ประกอบทางเคมีของขยะในตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 แสดงเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบทางเคมีและความชื้นของขยะอินทรีย์แยกตามองค์ประกอบทางกายภาพ (Tchobanoglous และคณะ, 1993) และเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบทางกายภาพของขยะที่เก็บขนในกรุงเทพมหานคร (จากตาราง ค-2 ในภาคผนวก ค)

องค์ประกอบทางอินทรีย์ของขยะ	เปอร์เซ็นต์ความชื้น	C	H	O	N	S	Ash	เปอร์เซ็นต์โดยมวล
กระดาษ	6	43.4	5.8	44.3	0.3	0.2	6.0	14.85
ผ้าและสิ่งทอ	10	48.0	6.4	40.0	2.2	0.2	3.2	5.77
พลาสติก	2	60.0	7.2	22.8	-	-	10.0	15.23
ไม้และใบไม้	30	46.0	6.0	38.0	3.4	0.3	6.3	7.20
เศษอาหาร	70	48.0	6.4	37.6	2.6	0.4	5.0	17.45
หนังและยาง	6	64.9	8.3	5.8	5.0	1.0	15.0	1.68
							รวม	61.58

ทำการคำนวณ dry weight ของขยะแยกตามองค์ประกอบทางกายภาพของขยะโดยหักลบค่าความชื้นออกจากเปอร์เซ็นต์โดยมวลของขยะ(wet weight) ดังสมการ

dry weight = (100- %moisture) * wet weight / 100

คำนวณเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบทางเคมีของขยะโดยแยกคำนวณตามองค์ประกอบทางกายภาพ แล้วหาผลรวมของเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของธาตุแต่ละชนิด (C, H, O, N และ S) ใน dry weight และค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นในขยะเท่ากับ wet weight ลบด้วย dry weight ได้ผลดังตารางที่ 6.2 จากการคำนวณได้ว่าความชื้นในขยะอินทรีย์(ไม่รวมขยะอนินทรีย์)เป็น 16.19 เปอร์เซ็นต์ของขยะที่เก็บขนในกรุงเทพมหานคร(รวมขยะอนินทรีย์)

จากสมการเคมีของน้ำ (H_2O) มี H เป็นองค์ประกอบ (2*1.01)*100/(2*1.01+16.00) = 11.21 เปอร์เซ็นต์โดยมวล และ O เป็นองค์ประกอบ 88.79 เปอร์เซ็นต์โดยมวล

ตารางที่ 6.2 แสดงผลการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ dry weight และผลรวมของเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของธาตุแต่ละชนิดในของขยะที่เก็บขนในกรุงเทพมหานคร

องค์ประกอบทางอินทรีย์ของขยะ	Wet Weight	Dry Weight	C	H	O	N	S	Ash
กระดาษ	14.85	13.96	6.06	0.81	6.18	0.04	0.03	0.84
ผ้าและสิ่งทอ	5.17	4.65	2.23	0.30	1.86	0.10	0.01	0.15
พลาสติก	15.23	14.93	8.96	1.08	3.40	-	-	1.49
ไม้และใบไม้	7.20	5.04	2.32	0.30	1.92	0.17	0.01	0.32
เศษอาหาร	17.45	5.23	2.51	0.33	1.97	0.14	0.02	0.26
หนังและยาง	1.68	1.58	1.02	0.13	0.09	0.08	0.02	0.24
รวม	61.58	45.39	23.10	2.95	15.42	0.53	0.09	3.30

Moisture content = 61.58-45.39 = 16.19

รวม H และ O จากความชื้นลงในเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของธาตุแต่ละชนิดที่คำนวณได้จากตารางที่ 6.2 จะได้ปริมาณ H เท่ากับ 2.95 + (16.19*11.21)/100 เท่ากับ 4.75 เปอร์เซ็นต์ และ O เท่ากับ 15.42 + (16.19*88.79)/100 เท่ากับ 29.81 เปอร์เซ็นต์ แล้วหาอัตราส่วนโดยโมล(ยกเว้น Ash) ทั้งที่ไม่รวมความชื้นและรวมความชื้นโดยหารเปอร์เซ็นต์โดยมวลของธาตุแต่ละชนิดด้วยมวลโมเลกุลของธาตุนั้น พร้อมทั้งหาอัตราส่วนโดยเทียบให้ N เป็น 1 ได้ผลดังตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 แสดงผลการคำนวณหาอัตราส่วนโดยโมลทั้งโดยคิดความชื้นและไม่คิดความชื้น

ธาตุ	โดยมวล		โดยโมล		โดยโมล (N=1)	
	ไม่รวม H_2O	รวม H_2O	ไม่รวม H_2O	รวม H_2O	ไม่รวม H_2O	รวม H_2O
C	23.10	23.10	1.923	1.923	50.6	50.6
H	2.95	4.75	2.921	4.703	76.9	123.8
O	15.42	29.81	0.964	1.863	25.4	49.0
N	0.53	0.53	0.038	0.038	1.0	1.0
S	0.09	0.09	0.003	0.003	0.1	0.1
Ash	3.30	3.30	-	-	-	-

ดังนั้นจึงได้สูตรเคมีของสารประกอบอินทรีย์(ไม่รวมซัลเฟอร์)เป็น $C_{51}H_{124}O_{49}N$ หรือ $C_{51}H_{77}O_{25.5}N.(23.5H_2O)$ สำหรับมวลเปียก และ $C_{51}H_{77}O_{25.5}N$ สำหรับมวลแห้ง

6.1.2 การดุลสมการปฏิกิริยาการย่อยสลายขยะแบบใช้ออกซิเจนและแบบไม่ใช้ออกซิเจน

จากสมการการย่อยสลายขยะแบบใช้ออกซิเจน

$$C_aH_bO_cN_d + 0.5(ny + 2s + r - c)O_2 \longrightarrow nC_wH_xO_yN_z + sCO_2 + rH_2O + (d - nz)NH_3$$

โดยที่ $r = 0.5\,[b - nx - 3(d-nz)]$

$s = a - nw$

จะได้ $a = 51$ $b = 124$ $c = 49$ และ $d = 1$

เมื่อประมาณว่าขยะถูกย่อยสลายไปได้ 60 เปอร์เซ็นต์ สูตรเคมีของสารประกอบอินทรีย์ที่เหลือจากการย่อยสลายจะเป็น $(C_{51}H_{124}O_{49}N)_{0.4}$

ดังนั้น $n=1$ $w = 20.4$ $x = 49.6$ $y = 19.6$ และ $z = 0.4$

$r = 0.5 * [124 - 49.6 - 3 * (1-0.4)]$

$= 36.3$

$s = 51 - 20.4$

$= 30.6$

$0.5(ny + 2s + r - c) = 0.5 * (19.6 + 2 * 30.6 + 36.3 - 49)$

$= 34.05$

$d - nz = 1 - 0.4$

$= 0.6$

จึงได้สมการการย่อยสลายขยะแบบใช้ออกซิเจนเป็น

$$C_{51}H_{124}O_{49}N + 34.05O_2 \longrightarrow (C_{51}H_{124}O_{49}N)_{0.4} + 30.6CO_2 + 36.3H_2O + 0.6NH_3$$

และจากสมการการย่อยสลายขยะแบบไม่ใช้ออกซิเจน

$$C_aH_bO_cN_d \longrightarrow nC_wH_xO_yN_z + mCH_4 + sCO_2 + rH_2O + (d - nz)NH_3$$

โดยที่ $s = a - nw - m$

$r = c - ny - 2s$

จะได้ $a = 51$ $b = 124$ $c = 49$ $d = 1$ $n=1$ $w = 20.4$ $x = 49.6$ $y = 19.6$ และ $z = 0.4$

จากการดุลสมการ ได้ $m = 17.025$ $s = 13.575$ และ $r = 2.25$

จึงได้สมการการย่อยสลายขยะแบบไม่ใช้ออกซิเจนเป็น

$$C_{51}H_{124}O_{49}N \longrightarrow (C_{51}H_{124}O_{49}N)_{0.4} + 17.025CH_4 + 13.575CO_2 + 2.25H_2O + 0.6NH_3$$

น้ำที่ซึมออกจากขยะที่เหลือจากขยะที่เหลือจากการย่อยสลายเป็นดังสมการ

$$(C_{51}H_{124}O_{49}N)_{0.4} \longrightarrow (C_{51}H_{77}O_{25.5}N)_{0.4} + 9H_2O$$

6.1.3 การคำนวณปริมาณน้ำชะมูลฝอย ที่เกิดขึ้นต่อขยะชุมชนทั่วไปปริมาณ 1 ตัน

ในการคำนวณนี้ คิดว่าหลุมฝังกลบขยะนั้นมีการป้องกันการซึมเข้าของน้ำจากภายนอกดีพอสมควร และปริมาณน้ำที่ซึมเข้าจากภายนอกรวมกับน้ำจากความชื้นในวัสดุกลบทับเท่ากับปริมาณน้ำที่วัสดุกลบทับและชั้นมูลฝอยสามารถอุ้มน้ำไว้ได้ เพื่อลดตัวแปรที่ต้องนำมาใช้ในการคำนวณให้อยู่ในขอบเขตของการทำวิจัยครั้งนี้

มวลโมเลกุลของขยะ $C_{51}H_{124}O_{49}N$ = 1,535.76 กรัม/โมล = 1.53576 กิโลกรัม/โมล

ได้ว่าขยะ 1 ตัน = 1000.00/1.53576 โมล = 651.143 โมล

จากการสร้างแบบจำลองการฝังกลบขยะโดยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ในรายงานโครงการวิจัยเรื่องการศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพจากการฝังกลบมูลฝอยปี 2543 ใช้ขยะปริมาณ 2,569 กิโลกรัม ฝังกลบที่ความหนาแน่น 453.7 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร วัดปริมาณ O_2 ได้เฉลี่ย 23 ลิตรดังตารางที่ 6.4

ตารางที่ 6.4 ปริมาณก๊าซสะสมแต่ละชนิดจากถังจำลองใบที่ 1-5 ที่อายุการฝังกลบ 1,005 วัน ในโครงการวิจัยเรื่องการศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพจากการฝังกลบมูลฝอย (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2543)

	ปริมาณก๊าซสะสมจากถังจำลองใบที่ (ลิตร)				
	1	2[1/]	3[2/]	4[3/]	5[4/]
H_2	624	514	554	631	605
O_2	27	13	18	23	28
N_2	15,165	2,402	3,555	960	3,349
CO_2	26,600	7,613	10,424	13,203	18,621
CH_4	21,351	310	1,065	4,245	11,815
รวม	63,768	10,852	15,615	19,061	34,418

ดังนั้นปริมาณ O_2 ในหลุมฝังกลบ = 8.953 ลิตร/ขยะ 1 ตัน

= 0.400 โมล/ขยะ 1 ตัน

คำนวณปริมาณน้ำขึ้นที่เกิดได้ดังนี้

ปฏิกิริยาใช้ออกซิเจน

O_2 34.05 โมล ทำปฏิกิริยากับขยะ 1 โมล

O_2 0.400 โมล ทำปฏิกิริยากับขยะ 0.0117 โมล

เหลือขยะ 651.132 โมล และเกิดน้ำ = 0.400*36.3/34.05 = 0.4261 โมล

ปฏิกิริยาไม่ใช้ออกซิเจน

ขยะ 1 โมลจะทำปฏิกิริยาเกิดน้ำ 2.25 โมล

ขยะ 651.132 โมลจะทำปฏิกิริยาเกิดน้ำ 1,465.046 โมล

น้ำที่ซึมออกจากขยะที่เหลือจากการย่อยสลาย

ขยะที่เหลือ 1 โมล เกิดน้ำ 9 โมล

ดังนั้น ขยะ 651.143 โมล เกิดน้ำ = 5,860.185 โมล

จึงได้ว่าปริมาณน้ำที่เกิดขึ้นในหลุมฝังกลบขยะ = 0.4261 + 1456.046 + 5860.185 โมล / ขยะ 1 ตัน

= 7,325.657 โมล / ขยะ 1 ตัน

ที่ความหนาแน่นน้ำ 1 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร น้ำ 1 โมลมีมวล 18.02 กรัม มีปริมาตร 18.02 ลูกบาศก์เซนติเมตร ได้ปริมาณน้ำที่เกิดขึ้นในหลุมฝังกลบขยะ = 0.1320 ลูกบาศก์เมตร / ขยะ 1 ตัน

6.2 สมการการระเหยของน้ำในถาดระเหยแต่ละชุด

จากข้อมูลการระเหยที่ได้จากการทดลองและข้อมูลสภาพอากาศที่วัดในขณะที่ทำการทดลองนำมาหาสมการการระเหยให้อยู่ในรูป

$$E = (a+bU+cR)(e_a-e_d)^d \qquad .....(6.1)$$

โดยที่ E = ค่าการระเหยของน้ำ (มิลลิเมตรต่อวัน)

a, b, c และ d เป็นค่าคงที่

U = ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)

R = พลังงานแสงอาทิตย์ (จูลต่อตารางเซนติเมตรต่อชั่วโมง)

e_a = ความดันไอน้ำอิ่มตัวในบรรยากาศ (มิลลิเมตร)

และ e_d = ความดันไอน้ำจริงในบรรยากาศ (มิลลิเมตร)

ขั้นตอนการหาสมการตามตารางที่ 6.5 ถึง มีดังนี้

(1) หาค่าน้ำระเหยเฉลี่ยในแต่ละครั้งที่ทดลองในหน่วยมิลลิเมตรต่อวัน โดยคิดระยะเวลาตั้งแต่เริ่มต้นบันทึกค่าน้ำระเหยจนถึงการบันทึกครั้งสุดท้ายในการทดลองครั้งนั้น

(2) หาค่าพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละครั้งที่ทดลองในหน่วยจูลต่อลูกบาศก์เซนติเมตร โดยคิดระยะเวลาตั้งแต่เริ่มต้นบันทึกค่าน้ำระเหยจนถึงการบันทึกครั้งสุดท้ายในการทดลองครั้งนั้น

(3) หาค่าความเร็วลมเฉลี่ยในแต่ละครั้งที่ทดลองในหน่วยเมตรต่อวินาที โดยคิดระยะเวลาตั้งแต่เริ่มต้นบันทึกค่าน้ำระเหยจนถึงการบันทึกครั้งสุดท้ายในการทดลองครั้งนั้น

(4) หาผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในระหว่างการทดลองของความดันไอน้ำอิ่มตัวในบรรยากาศกับค่าเฉลี่ยในระหว่างการทดลองของความดันไอน้ำจริงในบรรยากาศในหน่วยมิลลิเมตร

(5) นำ (ea-ed)d มาหารทั้งสองข้างของสมการ 6.1 จะได้

$$E / (e_a-e_d)^d = (a+bU+cR) \qquad .....(6.2)$$

หาค่าในข้างซ้ายของสมการ 6.2 ($E / (e_a-e_d)^d$) จาก (1) / $(4)^d$ โดยปรับค่า d ไปเรื่อยๆจนได้ค่าที่คิดว่าเหมาะสมที่สุดซึ่งพิจารณาจาก พลังงานแสงอาทิตย์ ความเร็วลม และความคลาดเคลื่อนของการวัดระดับน้ำระเหยในการทดลองครั้งนั้น ถ้าเป็นการทดลองที่มีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นน้อยมาก ค่า $E / (e_a-e_d)^d$ ที่ได้จากการคำนวณในการทดลองที่มีพลังงานแสงอาทิตย์และความเร็วลมมากจะมีค่าสูง แต่ถ้าการทดลองมีความคลาดเคลื่อนมากโดยวัดระดับน้ำระเหยได้ต่ำกว่ากระระเหยจริงตัวเลขที่ได้จากการคำนวณจะต่ำกว่าที่ควรจะเป็น

(6) หาค่าในข้างขวาขอสมการ 6.2 จาก a+b(3)+c(2) โดยจากข้อมูลน้ำระเหยที่ได้พบว่าระดับน้ำประปาในช่วงเวลา 8.30 ถึง 16.30 นาฬิกา (8 ชั่วโมง) ซึ่งแสงแดดมีผลต่อการระเหย เท่ากับระดับน้ำระเหยของน้ำประปาในช่วงเวลา 16.30 ถึง 8.30 นาฬิกาของวันรุ่งขึ้น (16 ชั่วโมง) ซึ่งแสงแดดไม่ค่อยมีผลต่อการระเหย จึงเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$8 (a+bU+cR) = 16(a+bU) \qquad .....(6.3)$$

ดังนั้น $cR = a+bU$

ทำการปรับค่า a b และ c ไปเรื่อยๆจนได้ค่าที่เหมาะสม

อัตราส่วนระหว่างค่าในข้างซ้ายของสมการต่อค่าในข้างขวาของสมการควรมีค่าใกล้ 1 ซึ่งถ้าเป็นการทดลองที่มีระดับน้ำระเหยที่วัดได้มีความคลาดเคลื่อนมาก อัตราส่วนก็จะน้อยกว่าหรือมากกว่า 1 มากตามไปด้วย

จากค่า a b c และ d ที่ได้ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง นำมาแทนในสมการที่ 6.1 ได้เป็นสมการการระเหยของชุดการทดลองนั้น ลองนำข้อมูลสภาพอากาศในการทดลองมาแทนในสมการที่ได้แล้วเปรียบเทียบผลจากการคำนวณด้วยสมการที่ได้กับค่าน้ำระเหยที่วัดได้จริงในการทดลอง

ในการหาสมการการระเหยสามารถแยกพิจารณาจากการทดลองแต่ละชุดได้ดังนี้

I19256954

6.2.1 ถาดระเหยน้ำประปา (blank)

จากการเปรียบเทียบค่าการระเหยจากการทดลองในถาดระเหยน้ำประปากับสภาพอากาศที่วัดได้ในขณะที่ทำการทดลองดังตารางที่ 6.5 ได้สมการการระเหยของถาดระเหยน้ำประปาเป็น

$$E = (0.2+1.2U+0.014R)(e_a-e_d)^{0.55}$$

ซึ่งจากการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการคำนวณกับค่าที่ได้จากการทดลองให้ผลที่ใกล้เคียงกัน แต่ในการทดลองครั้งที่ 3 และ 4 ให้ค่าต่ำกว่าที่ได้จากการคำนวณมากเนื่องจากเป็นช่วงที่มีฝนตกมาก

ตารางที่ 6.5 แสดงการหาสมการการระเหยในถาด blank

	ครั้งที่ทดลอง	1	2	3	4	5	6
(1)	ค่าการระเหยที่ได้จากการทดลอง (mm/day)	6.413793	6.050000	3.180124	2.300000	4.450000	6.513570
(2)	พลังงานแสงอาทิตย์ (J/cm^2-hour)	52.119181	63.913673	53.814498	39.480392	40.377244	44.196242
(3)	ความเร็วลม (m/s)	1.009928	0.885744	0.772926	1.014706	0.733820	0.834447
(4)	e_a-e_d (mm)	7.470735	7.110760	5.099180	4.798227	6.176153	9.198132
(5)	$(1)/(4)^{0.55}$	2.122096	2.056845	1.298132	0.970808	1.634802	1.922137
(6)	0.014*(2)+1.2*(3)+0.2	2.141583	2.157684	1.880914	1.970373	1.645866	1.820084
	(5)/(6)	0.990901	0.953265	0.690160	0.492703	0.993278	1.056071
	ค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการการระเหย	6.472688	6.346608	4.607805	4.668128	4.480118	6.167741

6.2.2 ถาดระเหยน้ำชะมูลฝอย

จากการเปรียบเทียบค่าการระเหยจากการทดลองในถาดระเหยน้ำชะมูลฝอยกับสภาพอากาศที่วัดได้ในขณะที่ทำการทดลองดังตารางที่ 6.6 ได้สมการการระเหยของถาดระเหยน้ำชะมูลฝอยเป็น

$$E = (0.2+1.4U+0.015R)(e_a-e_d)^{0.52}$$

ซึ่งจากการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการคำนวณกับค่าที่ได้จากการทดลอง ในการทดลองครั้งที่ 3 ถึง 6 ให้ค่าที่ต่ำกว่าค่าจากการคำนวณเนื่องจากในการทดลองมีปริมาณน้ำฝนที่ตกลงไปและจากการคลุมถาดระเหยทำให้ไม่ได้รับลมและพลังงานแสงอาทิตย์เต็มที่

ตารางที่ 6.6 แสดงการหาสมการการระเหยในถาดระเหยน้ำชะมูลฝอย

	ครั้งที่ทดลอง	1	2	3	4	5	6
(1)	ค่าการระเหยที่ได้จากการทดลอง (mm/day)	7.344828	6.450000	3.080745	2.450000	3.700000	4.910230
(2)	พลังงานแสงอาทิตย์ (J/cm^2-hour)	52.119181	63.913673	53.814498	39.480392	40.377244	44.196242
(3)	ความเร็วลม (m/s)	1.009928	0.885744	0.772926	1.014706	0.733820	0.834447
(4)	e_a-e_d (mm)	7.470735	7.110760	5.099180	4.798227	6.176153	9.198132
(5)	$(1)/(4)^{0.52}$	2.581265	2.325752	1.320552	1.083937	1.435583	1.548738
(6)	0.015*(2)+1.4*(3)+0.2	2.395687	2.398747	2.089314	2.212794	1.833007	2.031169
	(5)/(6)	1.077463	0.969570	0.632051	0.489850	0.783185	0.762486
	ค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการการระเหย	6.816777	6.652436	4.874205	5.001531	4.724301	6.439763

6.2.3 ถาดระเหยโดยการพ่นน้ำเป็นฝอย

จากการเปรียบเทียบค่าการระเหยจากการทดลองในถาดระเหยโดยการพ่นน้ำเป็นฝอยกับสภาพอากาศที่วัดได้ในขณะที่ทำการทดลองดังตารางที่ 6.7 ได้สมการการระเหยของถาดระเหยโดยการพ่นน้ำเป็นฝอยเป็น

$$E = (0.2+1.55U+0.016R)(e_a-e_d)^{0.52}$$

ซึ่งจากการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการคำนวณกับค่าที่ได้จากการทดลอง ในการทดลองครั้งที่ 1 ให้ค่าที่สูงกว่ามาก เนื่องจากการพัดละอองน้ำออกนอกถาดในปริมาณมาก ในการทดลองครั้งที่ 3 และ 4 มีปริมาณฝนลงไปในถาดมากพอสมควร และในการทดลองครั้งที่ 5 และ 6 มีฝนตกไม่มาก แต่มีการคลุมถาดไว้เกือบตลอดเวลา และเปิดเครื่องพ่นน้ำเป็นฝอยเพียงบางช่วงทำให้ไม่ได้รับลมและพลังงานแสงอาทิตย์เต็มที่ จึงวัดค่าการระเหยได้ต่ำกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณ

6.2.4 ถาดระเหยโดยใช้แผงดักแสงอาทิตย์

จากการเปรียบเทียบค่าการระเหยจากการทดลองในถาดระเหยโดยใช้แผงดักแสงอาทิตย์กับสภาพอากาศที่วัดได้ในขณะที่ทำการทดลองดังตารางที่ 6.8 ได้สมการการระเหยของถาดระเหยโดยใช้แผงดักแสงอาทิตย์

$$E = (0.2+1.2U+0.021R)(e_a-e_d)^{0.52}$$

ซึ่งจากการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการคำนวณกับค่าที่ได้จากการทดลองให้ผลที่ใกล้เคียงกัน แต่ในการทดลองครั้งที่ 3 และ 4 ให้ค่าต่ำกว่าที่ได้จากการคำนวณมากเนื่องจากเป็นช่วงที่มีฝนตกมากทำให้มีฝนสาดเข้าไปในถาดระเหย

ตารางที่ 6.7 แสดงการหาสมการการระเหยในถาดระเหยโดยการพ่นน้ำเป็นฝอย

	ครั้งที่ทดลอง	1	2	3	4	5	6
(1)	ค่าการระเหยที่ได้จากการทดลอง (mm/day)	8.431034	7.200000	3.726708	2.700000	4.500000	5.611691
(2)	พลังงานแสงอาทิตย์ (J/cm^2-hour)	52.119181	63.913673	53.814498	39.480392	40.377244	44.196242
(3)	ความเร็วลม (m/s)	1.009928	0.885744	0.772926	1.014706	0.733820	0.834447
(4)	e_a-e_d (mm)	7.470735	7.110760	5.099180	4.798227	6.176153	9.198132
(5)	$(1)/(4)^{0.52}$	2.963002	2.596188	1.597442	1.194543	1.745979	1.769986
(6)	0.016*(2)+1.55*(3)+0.2	2.599296	2.595522	2.259067	2.404480	1.983458	2.200532
	(5)/(6)	1.139925	1.000257	0.707125	0.496799	0.880271	0.804345
	ค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการการระเหย	7.396132	7.198153	5.270226	5.434796	5.112065	6.976724

ตารางที่ 6.8 แสดงการหาสมการการระเหยในถาดระเหยโดยใช้แผงดักแสงอาทิตย์

	ครั้งที่ทดลอง	1	2	3	4	5	6
(1)	ค่าการระเหยที่ได้จากการทดลอง (mm/day)	7.189655	6.750000	4.223602	3.400000	4.950000	6.363257
(2)	พลังงานแสงอาทิตย์ (J/cm^2-hour)	52.119181	63.913673	53.814498	39.480392	40.377244	44.196242
(3)	ความเร็วลม (m/s)	1.009928	0.885744	0.772926	1.014706	0.733820	0.834447
(4)	e_a-e_d (mm)	7.470735	7.110760	5.099180	4.798227	6.176153	9.198132
(5)	$(1)/(4)^{0.52}$	2.526732	2.433926	1.810435	1.504239	1.920577	2.007038
(6)	0.021*(2)+1.2*(3)+0.2	2.506417	2.605080	2.257615	2.246735	1.928507	2.129457
	(5)/(6)	1.008105	0.934300	0.801923	0.669522	0.995888	0.942512
	ค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการการระเหย	7.131851	7.224660	5.266840	5.078248	4.970437	6.751383

6.3 ประมาณการระเหยน้ำชะมูลฝอยในแต่ละเดือน

นำข้อมูลสภาพอากาศในแต่ละเดือนมาทำการคำนวณหาค่าระเหยต่อเดือนและเฉลี่ยตลอดทั้งปีในถาดระเหยแต่ละชุดโดยใช้สมการที่ได้จากข้อ 6.2 ได้ผลดังตารางที่ 6.9 โดยค่าการระเหยเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณโดยใช้สมการการระเหย อุณหภูมิ พลังงานแสงอาทิตย์และความเร็วลมเป็นค่าเฉลี่ยที่คำนวณจากข้อมูลสภาพอากาศ ความดันไอน้ำเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศในตารางภาคผนวก ข-13 และใช้วิธีการคำนวณดังแสดงในภาคผนวก ง

ตารางที่ 6.9 แสดงผลการคำนวณหาค่าประมาณการระเหยในแต่ละเดือน

เดือน	ค่าประมาณการระเหย (mm/day)				temp	energy per day	Wind	e_d	e_a	e_a-e_d
	blank	leachate	&spray	&plate	(C)	(J/cm^2)	(m/s)	(mm)	(mm)	(mm)
มกราคม	6.51	6.81	7.38	7.06	27.7	1025	0.896	18.2	27.8	9.65
กุมภาพันธ์	7.51	7.88	8.55	8.15	28.4	1214	1.08	19.8	29.1	9.27
มีนาคม	11.06	11.70	12.77	11.61	30.0	1350	1.82	22.2	31.8	9.68
เมษายน	7.90	8.36	9.09	8.52	29.8	1274	1.31	23.3	31.3	7.99
พฤษภาคม	5.00	5.34	5.79	5.47	28.2	1041	1.01	23.4	28.6	5.21
มิถุนายน	6.56	6.95	7.56	7.10	28.9	1133	1.14	22.6	29.7	7.12
กรกฎาคม	7.06	7.43	8.07	7.69	29.4	1209	1.08	22.4	30.7	8.32
สิงหาคม	6.15	6.50	7.06	6.75	28.8	1182	1.02	22.6	29.6	6.99
กันยายน	5.83	6.12	6.62	6.64	28.8	1459	0.851	23.2	29.8	6.55
ตุลาคม	4.65	4.99	5.42	5.05	27.5	932	1.02	22.6	27.4	4.79
พฤศจิกายน	4.96	5.20	5.63	5.51	27.8	1016	0.730	20.7	27.9	7.25
ธันวาคม	6.15	6.44	6.98	6.66	26.1	994	0.890	16.3	25.2	8.89
เฉลี่ย	6.61	6.98	7.58	7.18	28.5	1152	1.07	21.4	29.1	7.64

6.4 ปริมาณน้ำชะมูลฝอยที่เกิดขึ้นต่อวันจากมูลฝอยที่เก็บขนในกรุงเทพมหานคร

จากข้อมูลปริมาณมูลฝอยที่เก็บขนได้ในกรุงเทพมหานครดังตาราง ค-1 ในภาคผนวก ค เมื่อคิดปริมาณมูลฝอยคาดประมาณปี 2543 ปริมาณ 9,800 ตันต่อวัน จะได้ว่า

ปริมาณขยะอินทรีย์ที่เก็บขน = 61.58 + 25.95 = 87.53 เปอร์เซ็นต์ (จากตาราง ค-2)

= 87.53 * 9800 / 100 ตัน / วัน

= 8,577.94 ตัน / วัน

ดังนั้นปริมาณน้ำชะมูลฝอยที่เกิดขึ้น = 0.132 * 8577.94 ลูกบาศก์เมตร / ขยะใน 1 วัน

= 1,132.288 ลูกบาศก์เมตร / ขยะที่เก็บขนใน 1 วัน

6.5 พื้นที่บ่อระเหยที่ใช้ในการระเหยน้ำชะมูลฝอย

จากค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปีของระดับน้ำระเหยรายวันถือว่าเป็นค่าที่จะเกิดการระเหยในบ่อระเหยที่ใช้ระบบนั้นๆ นำมาคำนวณเทียบกับปริมาณน้ำชะมูลฝอยที่ต้องการระเหยต่อวัน

พื้นที่บ่อระเหยที่ใช้ในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยปริมาณ 1 ลูกบาศก์เมตร ใน 1 วัน

= 1000 / ระดับน้ำระเหย(มิลลิเมตรต่อวัน)

จะได้ว่า

<u>ระบบระเหยน้ำชะมูลฝอยโดยใช้บ่อระเหยเพียงอย่างเดียว</u>

ระดับน้ำระเหยเฉลี่ย = 6.98 มิลลิเมตร / วัน

พื้นที่บ่อระเหยที่ใช้บำบัดน้ำชะมูลฝอย 1 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน = 1000 / 6.98 ตารางเมตร

= 143 ตารางเมตร

<u>ระบบระเหยน้ำชะมูลฝอยโดยใช้บ่อระเหยและการพ่นน้ำเป็นฝอย</u>

ระดับน้ำระเหยเฉลี่ย = 7.58 มิลลิเมตร / วัน

พื้นที่บ่อระเหยที่ใช้บำบัดน้ำชะมูลฝอย 1 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน = 1000 / 7.58 ตารางเมตร

= 132 ตารางเมตร

<u>ระบบระเหยน้ำชะมูลฝอยโดยใช้บ่อระเหยและแผงดักแสงอาทิตย์</u>

ระดับน้ำระเหยเฉลี่ย = 7.18 มิลลิเมตร / วัน

พื้นที่บ่อระเหยที่ใช้บำบัดน้ำชะมูลฝอย 1 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน = 1000 / 7.18 ตารางเมตร

= 139 ตารางเมตร

<u>หมายเหตุ</u> พื้นที่บ่อระเหยที่ได้เป็นพื้นที่หน้าตัดตามแนวราบของผิวบ่อ โดยความลึกของบ่อระเหยทั่วไปจะมีขนาดประมาณ 0.6 ถึง 1.0 เมตร ซึ่งไม่มีผลต่อค่าการระเหย เนื่องจากค่าการระเหยแปรตามพื้นที่ผิวน้ำเท่านั้น

6.6 ความเหมาะสมในการนำไปใช้งานจริง

ทำการเปรียบเทียบเฉพาะระบบบ่อระเหยทั้ง 3 ระบบ เนื่องจากยังต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมอีกมากในการที่จะเปรียบเทียบความเหมาะสมในการใช้ระบบบ่อระเหยกับระบบบำบัดอื่นๆ

<u>ค่าใช้จ่าย</u> บ่อระเหยทั้ง 3 ระบบต้องใช้พื้นที่ในการระเหยมาก โดยการใช้บ่อระเหยเพียงอย่างเดียวใช้พื้นที่มากที่สุด และบ่อที่มีการพ่นน้ำเป็นฝอยใช้พื้นที่น้อยที่สุด แต่ในการจ้างผู้คุมระบบ และในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ บ่อระเหยที่มีการพ่นน้ำเป็นฝอยต้องเสียค่าใช้จ่ายมากที่สุด

ความยาก-ง่ายในการควบคุมระบบ บ่อระเหยแบบพ่นน้ำเป็นฝอยจะต้องมีการดูแลเรื่องการอุดตันของระบบพ่นน้ำตลอดเวลา และต้องเปิด-ปิดปั๊มและป้องกันน้ำฝนตามสภาพอากาศ ส่วนบ่อระเหยโดยใช้แผ่นดักแสงอาทิตย์ควรต้องมีการปรับแผ่นรับแสงอาทิตย์ให้สามารถรับแสงได้มาก และมีการทำความสะอาดเพื่อไม่ให้เกิดฝ้าซึ่งเป็นการลดการส่องผ่านของแสงอาทิตย์

สภาพของพื้นที่และอากาศ ค่าการระเหยของน้ำที่วัดได้ในประเทศไทย (จากการทดลองนี้ได้ประมาณ 6.6 มิลลิเมตร) สูงกว่าค่าเฉลี่ยการระเหยทั่วโลก (2.0 มิลลิเมตรสำหรับพื้นดิน และ 2.1 มิลลิเมตรสำหรับพื้นน้ำ; Wust, 1905; อ้างถึงโดย ธวัชชัย พฤกษะวัน, 2519) ประมาณ 3 เท่า จึงถือว่าระบบระเหยเป็นระบบที่มีความเหมาะสมสำหรับใช้ในการระเหยในประเทศไทยมาก เมื่อเทียบกับประเทศอื่น แต่เนื่องจากต้องใช้เนื้อที่มาก จึงเป็นเรื่องยากในการหาพื้นที่ที่จะนำมาใช้เป็นบ่อระเหยโดยไม่เกิดปัญหาในเรื่องการขนส่งและไม่เกิดปัญหาต่อชุมชนใกล้เคียง

มลพิษที่เกิดขึ้นและความเหมาะสมในการควบคุมมลพิษ เนื่องจากน้ำชะมูลฝอยมีปัญหาในเรื่องของการซึมลงสู่น้ำใต้ดิน และกลิ่นรบกวน จึงเป็นเรื่องยากที่จะควบคุมปัญหาทั้งสองโดยเสียค่าใช้จ่ายน้อยในพื้นที่ที่กว้างขนาดบ่อระเหย สำหรับบ่อระเหยที่มีการพ่นน้ำเป็นฝอยจะมีปัญหาเรื่องกลิ่นมากที่สุด และมีการฟุ้งกระจายของละอองน้ำขณะที่มีลมแรง ซึ่งเป็นผลเสียในทางสาธารณสุขเมื่อมีการพัดพาละอองน้ำเข้าสู่เขตที่อยู่อาศัย

ดังนั้นในการตัดสินใจนำระบบบ่อระเหยมาใช้จะต้องมีการเลือกพื้นที่ที่มีราคาถูก ไม่ก่อให้เกิดปัญหากับชุมชนใกล้เคียง ไม่ไกลจากแหล่งกำเนิดน้ำชะมูลฝอยเกินไป มีการควบคุมการซึมของน้ำลงสู่ใต้ดินและมีการแก้ไขปัญหาเรื่องกลิ่นรบกวนเป็นอย่างดี

ตารางที่ 6.10 เปรียบเทียบความเหมาะสมของระบบบ่อระเหยทั้งสามจากการทดลอง

ชนิดของบ่อระเหย	ค่าใช้จ่าย	ความยาก-ง่ายในการควบคุมระบบ	ขนาดพื้นที่บ่อ	มลพิษที่เกิดขึ้น
บ่อระเหยน้ำชะมูลฝอย	ต่ำที่สุด	ง่ายที่สุด	มากที่สุด	มีกลิ่น
บ่อระเหยน้ำชะมูลฝอยโดยการพ่นน้ำเป็นฝอย	สูงกว่าบ่อธรรมดา	ต้องดูแลเรื่องการอุดตันและปิด-เปิดปั๊ม	น้อยที่สุด	มีกลิ่นและการฟุ้งของละอองน้ำ
บ่อระเหยน้ำชะมูลฝอยโดยใช้แผงดักแสงอาทิตย์	สูงกว่าบ่อธรรมดา	ต้องปรับแผงดักแสง และทำความสะอาดอยู่เสมอ	ปานกลาง	มีกลิ่น