บทที่ 5

ผลการทดลอง

5.1 แผนผังสรุปการดำเนินงานและผลการวิจัย

จากการวิจัยเพื่อศึกษาถึงการกำจัดแอมโมเนียและฟอสเฟตพร้อมกัน โดยกระบวนการตกตะกอนทางเคมี ได้สรุปผลและการดำเนินงานวิจัยสืบเนื่อง ดังแสดงในรูปที่ 5.1

5.2 ผลการวิจัยส่วนที่ 1 : การศึกษาหาตัวแทนลักษณะทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของน้ำทิ้ง

ผลการวิจัยในหัวข้อนี้ แบ่งออกได้เป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

5.2.1 ผลการวิเคราะห์น้ำใสส่วนบน จากถังหมักแบบไร้ออกซิเจน โรงบำบัดน้ำเสียห้วยขวาง การเคหะแห่งชาติ

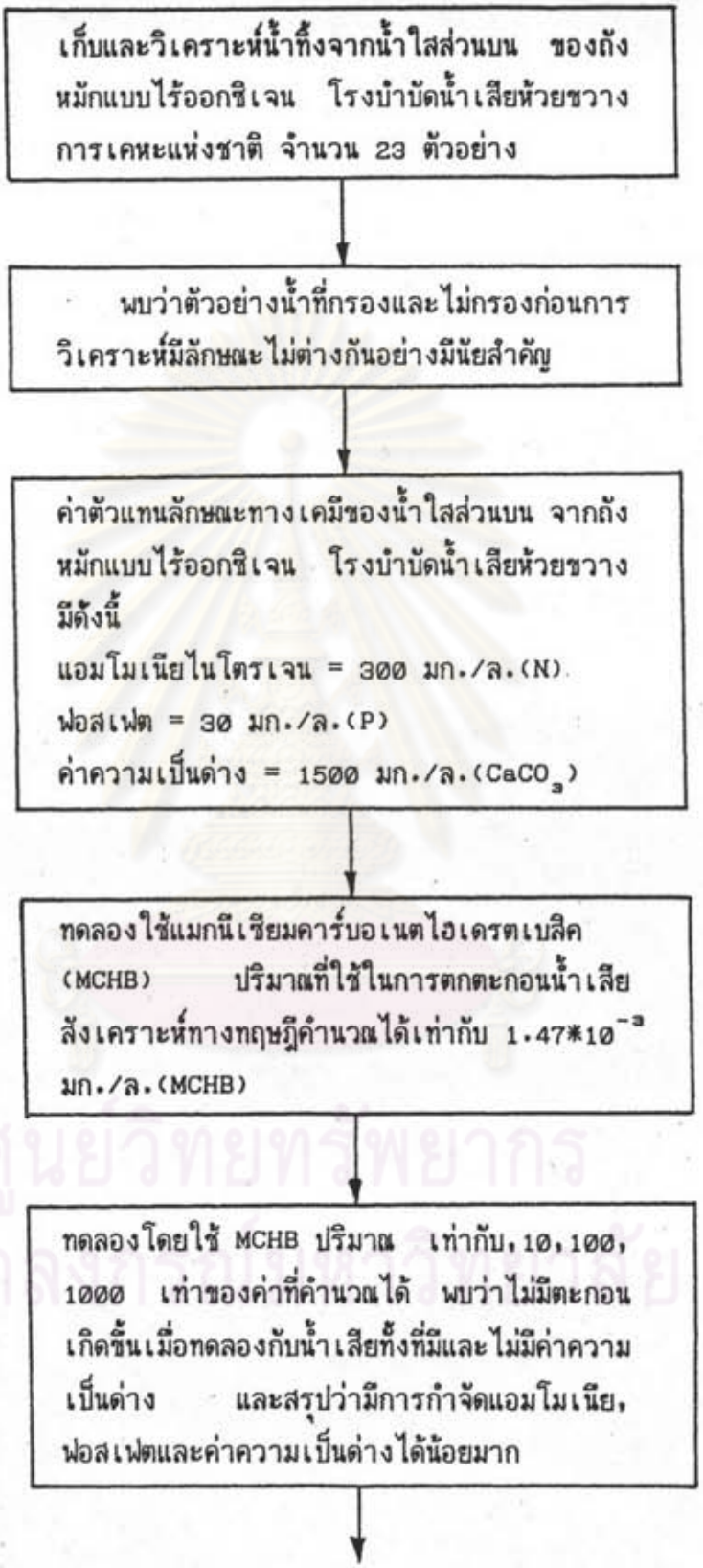
ข้อมูลผลการวิเคราะห์น้ำใสส่วนบน จากถังหมักแบบไร้ออกซิเจน โรงบำบัดน้ำเสียห้วยขวาง การเคหะแห่งชาติ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนแรกเป็นข้อมูลเดิมซึ่งได้ทำการวิเคราะห์ โดยนางไมตรี พระประเสริฐ จำนวน 15 ตัวอย่าง ข้อมูลส่วนแรกนี้แสดงไว้ในตารางที่ 5.1 ส่วนที่ 2 เป็นข้อมูลที่ผู้วิจัยได้เก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทิ้งเอง ช่วงเวลาที่เก็บและวิเคราะห์จำนวน 23 ตัวอย่าง ข้อมูลส่วนนี้แสดงไว้ในตารางที่ 5.2

ข้อมูลการวิเคราะห์ในแต่ละส่วน แบ่งย่อยออกเป็น 2 ประเภท คือ

ประเภทที่ 1 ข้อมูลจากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทิ้ง ที่เก็บแล้ววิเคราะห์หาลักษณะทางเคมีและลักษณะทางกายภาพทันที ใช้สัญญลักษณ์ย่อ 'R'

ประเภทที่ 2 ข้อมูลจากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทิ้ง ที่กรองผ่านกระดาษกรอง GF/C ขนาด Ø.45 ไมครอน แล้วจึงนำไปวิเคราะห์หาลักษณะทางเคมีและลักษณะทางกายภาพ ใช้สัญญลักษณ์ย่อ 'F'

รูปที่ 5.1 แผนภูมิสรุปผลและการดำเนินวิจัยสืบเนื่อง



ทดลองเพิ่มเติมโดยใช้ MCHB สูงถึง 1 มก./ล. (Mg) (เท่ากับ 3448 เท่าของค่าที่คำนวณได้ทางทฤษฎี) ได้ผลเช่นเดิม

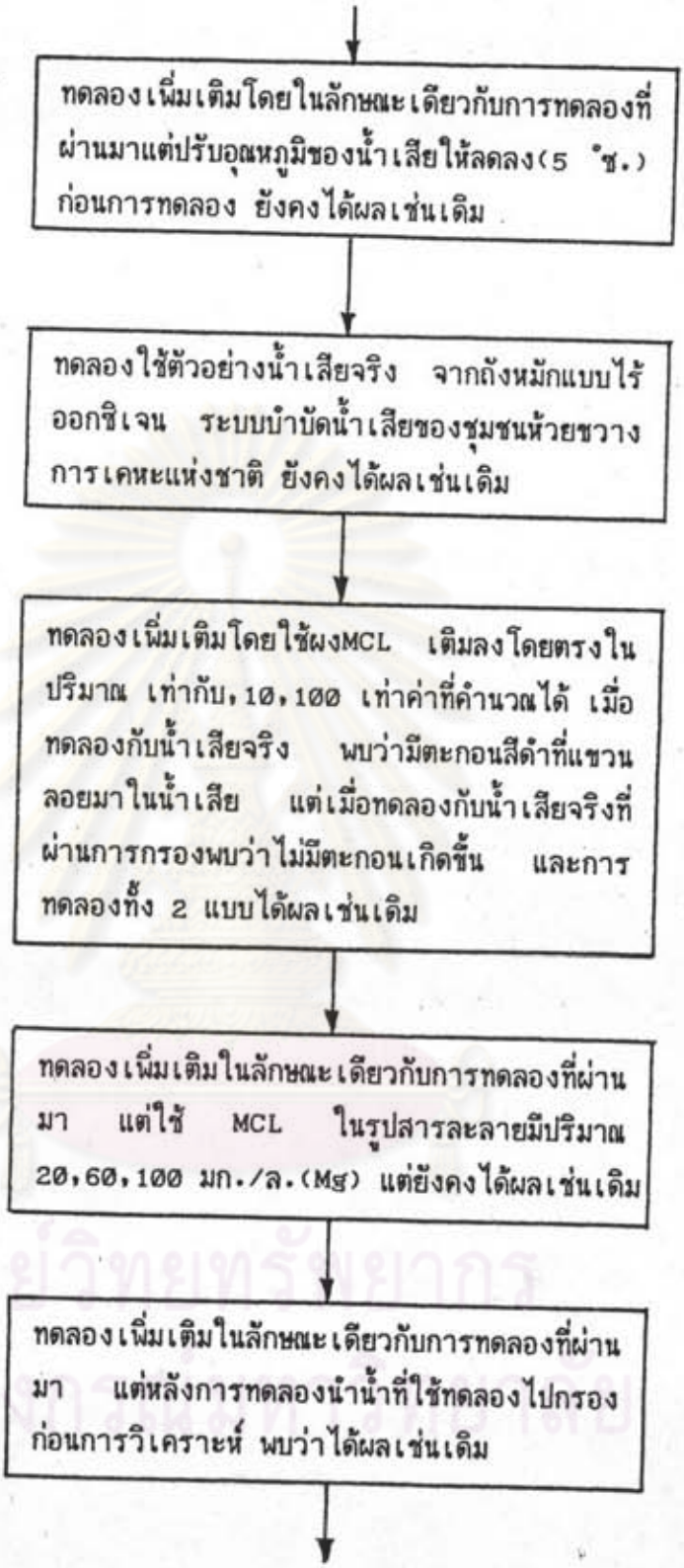
ทดลองเพิ่มเติมโดยใช้ผงMCHB เติมลงโดยตรงในปริมาณ 50,100,300 มก./ล.(Mg) ได้ผลว่ามีตะกอนสีขาวของMCHB เมื่อทดลองกับน้ำเสียทั้งที่มีและไม่มีค่าความเป็นด่าง แต่ยังคงมีการกำจัดแอมโมเนีย,ฟอสเฟตและค่าความเป็นด่างได้น้อยมาก

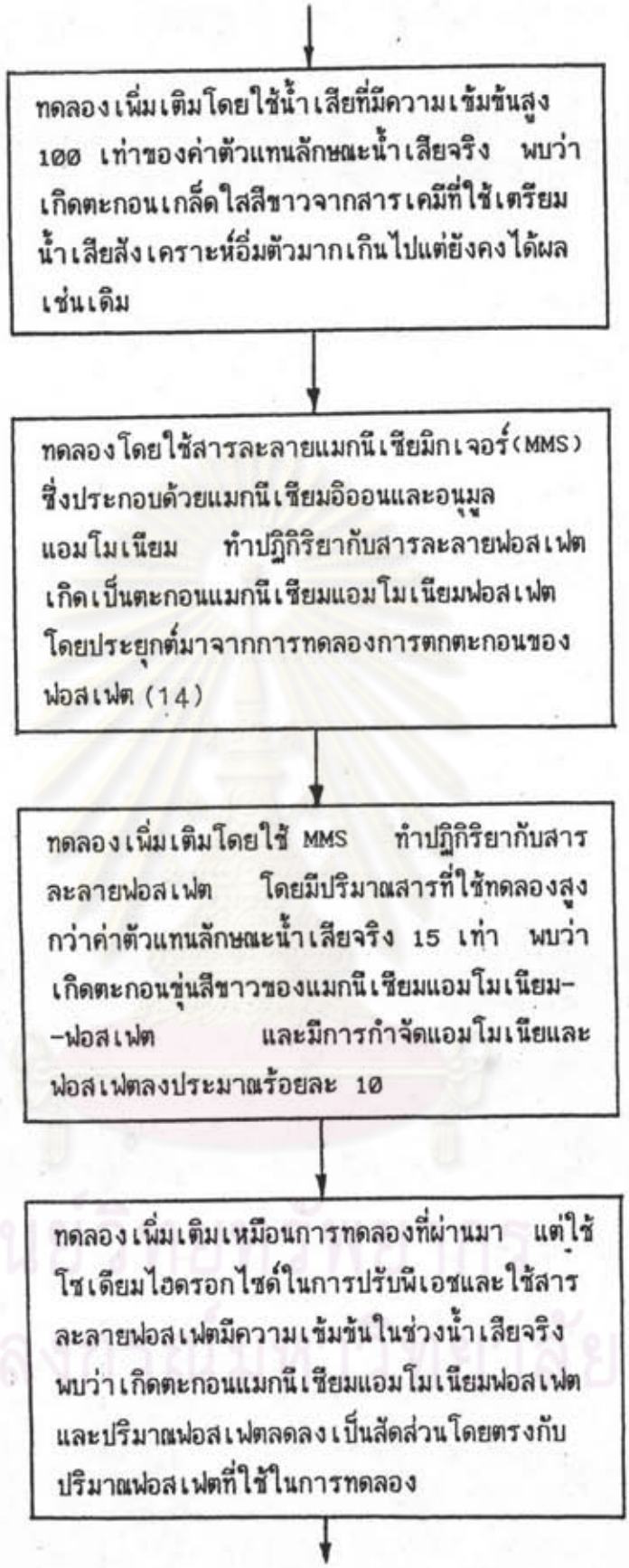
ทดลองใช้แมกนีเซียมคลอไรด์ (MCL) ปริมาณที่ใช้ในการตกตะกอนน้ำเสียสังเคราะห์ทางทฤษฎีคำนวณได้เท่ากับ $2.45*10^{-3}$ มก./ล.(MCL)

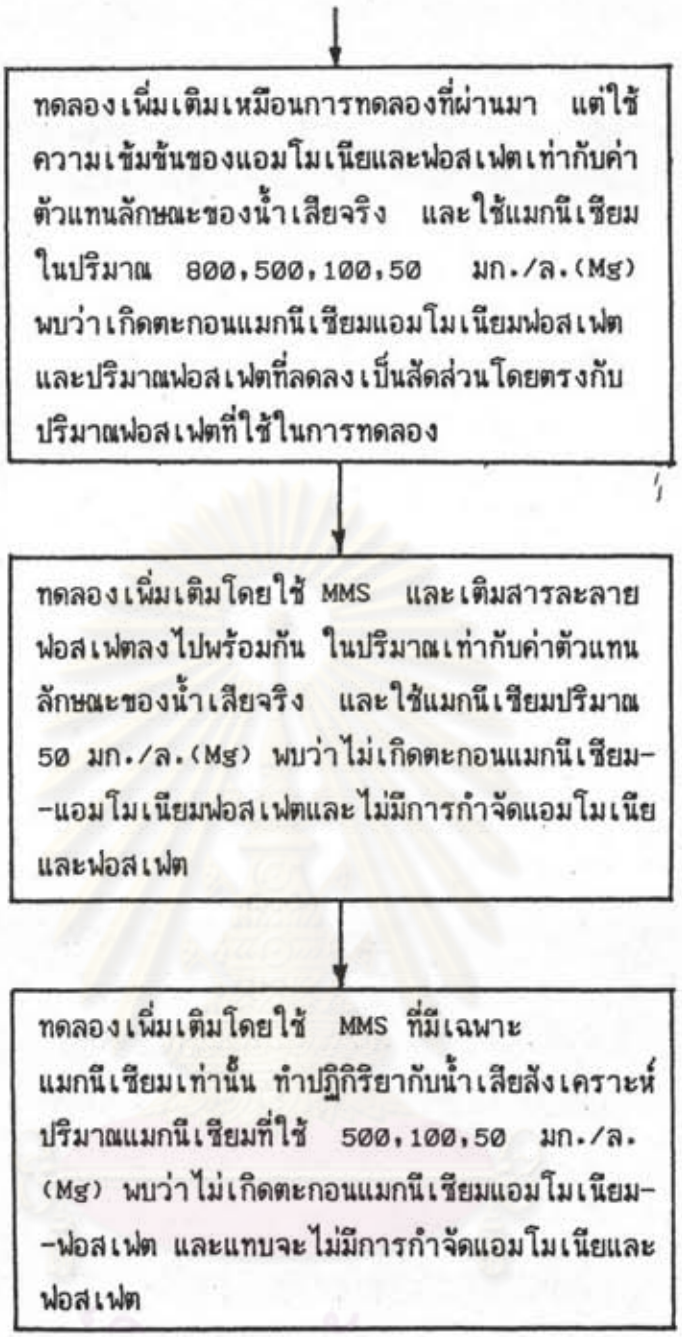
ทดลองเพิ่มเติมโดยใช้ MCL ปริมาณเท่ากับ,10, 100 เท่าค่าที่คำนวณได้ พบว่าไม่มีตะกอนเกิดขึ้นเมื่อทดลองกับน้ำเสียทั้งที่มีและไม่มีค่าความเป็นด่าง และยังคงมีการกำจัดแอมโมเนีย,ฟอสเฟตและค่าความเป็นด่างได้น้อยมาก

ทดลองเพิ่มเติมโดยใช้ผงMCL เติมลงโดยตรงในปริมาณ 20,60,100 มก./ล.(Mg) เมื่อทดลองกับน้ำเสียทั้งที่มีและไม่มีค่าความเป็นด่าง แต่ยังคงได้ผลเช่นเดิม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


ทดลองเพิ่มเติมโดยในลักษณะเดียวกับการทดลองที่ผ่านมาแต่ปรับอุณหภูมิของน้ำเสียให้ลดลง(5 °ซ.) ก่อนการทดลอง ยังคงได้ผลเช่นเดิม
ทดลองใช้ตัวอย่างน้ำเสียจริง จากถังหมักแบบไร้ออกซิเจน ระบบบำบัดน้ำเสียของชุมชนห้วยขวางการเคหะแห่งชาติ ยังคงได้ผลเช่นเดิม
ทดลองเพิ่มเติมโดยใช้ผงMCL เติมลงโดยตรงในปริมาณ เท่ากับ,10,100 เท่าค่าที่คำนวณได้ เมื่อทดลองกับน้ำเสียจริง พบว่ามีตะกอนสีดำที่แขวนลอยมาในน้ำเสีย แต่เมื่อทดลองกับน้ำเสียจริงที่ผ่านการกรองพบว่าไม่มีตะกอนเกิดขึ้น และการทดลองทั้ง 2 แบบได้ผลเช่นเดิม
ทดลองเพิ่มเติมในลักษณะเดียวกับการทดลองที่ผ่านมา แต่ใช้ MCL ในรูปสารละลายมีปริมาณ 20,60,100 มก./ล.(Mg) แต่ยังคงได้ผลเช่นเดิม
ทดลองเพิ่มเติมในลักษณะเดียวกับการทดลองที่ผ่านมา แต่หลังการทดลองนำน้ำที่ใช้ทดลองไปกรองก่อนการวิเคราะห์ พบว่าได้ผลเช่นเดิม


ทดลองเพิ่มเติมโดยใช้น้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูง 100 เท่าของค่าตัวแทนลักษณะน้ำเสียจริง พบว่าเกิดตะกอนเกล็ดใสสีขาวจากสารเคมีที่ใช้เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์อิ่มตัวมากเกินไปแต่ยังคงได้ผลเช่นเดิม
ทดลองโดยใช้สารละลายแมกนีเซียมิกเจอร์(MMS) ซึ่งประกอบด้วยแมกนีเซียมอิออนและอนุมูลแอมโมเนียม ทำปฏิกิริยากับสารละลายฟอสเฟตเกิดเป็นตะกอนแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟตโดยประยุกต์มาจากการทดลองการตกตะกอนของฟอสเฟต (14)
ทดลองเพิ่มเติมโดยใช้ MMS ทำปฏิกิริยากับสารละลายฟอสเฟต โดยมีปริมาณสารที่ใช้ทดลองสูงกว่าค่าตัวแทนลักษณะน้ำเสียจริง 15 เท่า พบว่าเกิดตะกอนขุ่นสีขาวของแมกนีเซียมแอมโมเนียม--ฟอสเฟต และมีการกำจัดแอมโมเนียและฟอสเฟตลงประมาณร้อยละ 10
ทดลองเพิ่มเติมเหมือนการทดลองที่ผ่านมา แต่ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในการปรับพีเอชและใช้สารละลายฟอสเฟตมีความเข้มข้นในช่วงน้ำเสียจริง พบว่าเกิดตะกอนแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟตและปริมาณฟอสเฟตลดลงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณฟอสเฟตที่ใช้ในการทดลอง



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.1 ผลวิเคราะห์น้ำใสส่วนบน จากถังหมักแบบไร้ออกซิเจน โรงบำบัดน้ำเสียห้วยขวาง การเคหะแห่งชาติ วิเคราะห์โดยนางไมตรี พระประเสริฐ จำนวน 15 ตัวอย่าง

วันเดือนปี	พีเอช		ซีโอดี		ทีเคเอ็น		แอมโมเนียเอ็น		ฟอสเฟต		ค่าความเป็นด่าง	
	R	F	R	F	R	F	R	F	R	F	R	F
3-1-28	*	*	1155	244	509	410	459	392	65	64	1920	1850
8-2-28	8.10	8.00	904	149	496	356	403	345	0	0	2050	1900
11-3-28	7.80	8.10	791	198	616	280	448	224	3	0	1875	1625
12-3-28	8.10	8.10	448	229	442	424	389	394	45	35	1700	1640
13-3-28	8.10	8.10	527	302	429	416	364	345	52	41	1458	1826
14-3-28	8.10	8.20	938	250	462	408	403	376	76	12	2080	1420
18-3-28	8.10	8.20	819	209	571	417	433	334	68	18	1600	1525
22-3-28	8.00	8.20	1288	182	957	350	396	297	65	4	2300	1540
25-3-28	8.30	*	770	*	392	*	304	*	60	*	1320	*
26-3-28	8.20	8.10	534	197	338	314	289	273	50	28	1510	1360
1-4-28	7.90	*	690	*	359	*	305	*	20	*	1500	*
19-4-28	8.10	*	434	*	298	*	198	*	84	*	1660	*
21-4-28	8.10	*	632	*	421	*	334	*	53	*	1647	*
22-4-28	8.10	*	740	*	398	*	359	*	56	*	1673	*
6-5-28	7.90	*	636	*	271	*	260	*	8	*	1300	*

หมายเหตุ ก) * หมายถึงไม่ได้วิเคราะห์

ข) หน่วยที่ใช้ มก./ล. ยกเว้น ฟอสเฟต :มก./ล.คิดในรูปฟอสฟอรัส
ทีเคเอ็นและแอมโมเนียเอ็น :มก./ล.คิดในรูปไนโตรเจน
ค่าความเป็นด่าง :มก./ล.คิดในรูปแคลเซียมคาร์บอเนต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.2 ผลวิเคราะห์น้ำใสส่วนบน จากถังหมักแบบไร้ออกซิเจน โรงบำบัดน้ำเสียห้วยขวาง การเคหะแห่งชาติ วิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ จำนวน 23 ตัวอย่าง

วันเดือนปี	พีเอช		ซีโอดี		บีโอดี	ทีเคเอ็น		แอมโมเนียเอ็น		ฟอสเฟต		ค่าความเป็นด่าง		ทีเอสเอส
	R	F	R	F		R	F	R	F	R	F	R	F	
31-3-29	8.00	8.10	1148	502	*	404	320	290	278	56	56	1450	1235	250
1-4-29	7.70	7.90	465	284	*	2009	1014	305	278	24	18	1425	1128	282
2-4-29	8.00	8.10	500	193	*	930	902	302	289	21	21	1360	1066	328
7-4-29	7.50	7.60	524	167	55	331	319	292	290	58	28	1480	1354	46
9-4-29	7.20	7.40	556	273	60	490	308	307	296	15	12	1420	1350	206
10-4-29	7.20	7.60	467	135	60	343	306	299	293	11	9	1415	1295	194
12-4-29	7.10	7.50	527	229	90	319	299	311	292	30	29	1445	1340	228
15-4-29	7.50	7.70	950	154	*	363	277	303	277	36	28	1520	1330	876
16-4-29	7.10	7.50	906	320	*	314	309	287	235	26	13	1440	1380	324
17-4-29	7.10	7.40	650	224	*	313	299	305	296	43	40	1510	1335	134
18-4-29	7.30	7.50	514	169	*	338	316	291	283	53	44	1395	1250	220
20-4-29	7.10	7.50	448	206	*	346	306	293	287	36	30	1475	1335	118
21-4-29	7.90	7.95	515	206	*	322	230	296	287	44	30	1405	1290	276
22-4-29	7.25	7.50	590	226	*	311	298	296	289	78	44	1395	1335	286
26-4-29	7.25	7.70	539	213	40	349	314	326	307	51	44	1510	1425	122
27-4-29	7.64	7.78	557	195	115	343	309	312	295	53	37	1470	1420	250
1-5-29	7.23	7.50	548	186	80	656	298	316	292	126	105	1460	1350	220
2-5-29	7.40	7.73	479	350	85	325	312	305	297	52	49	1430	1375	88
3-5-29	7.40	7.83	555	202	125	326	300	299	283	52	34	1420	1350	232
4-5-29	7.28	7.60	545	272	*	339	312	314	297	73	49	1385	1295	110
5-5-29	7.09	7.75	1015	213	*	339	*	316	302	39	35	1425	1225	358
7-5-29	7.40	7.79	586	176	*	348	311	316	296	50	41	1470	1350	226
12-5-29	7.10	7.40	578	179	*	326	273	296	266	50	40	1415	1290	174

หมายเหตุ * หมายถึงไม่ได้วิเคราะห์ ; หน่วยที่ใช้เหมือนในตารางที่ 5.1

5.2.2 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ เพื่อหาค่าตัวแทนลักษณะทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของน้ำทิ้ง

ข้อมูลดิบทั้งหมดได้แสดงไว้แล้วในภาคผนวก ตารางที่ ผ 2.1 ถึง ผ 2.3

กราฟโอกาสความน่าจะเป็นของลักษณะทางเคมีและลักษณะทางกายภาพ แสดงไว้ในรูปที่ 5.2 ถึงรูปที่ 5.15 และผลการวิเคราะห์ทางสถิติของข้อมูลประเภท 'R'และประเภท 'F' แสดงไว้ในตารางที่ 5.3 และ 5.4 ตามลำดับ

สรุปค่าที่ใช้เป็นตัวแทนลักษณะทางเคมีและลักษณะทางกายภาพ ของน้ำใสส่วนบน จากถังหมักแบบไร้ออกซิเจน โรงบำบัดน้ำเสียห้วยขวาง การเคหะแห่งชาติ เป็นดังนี้

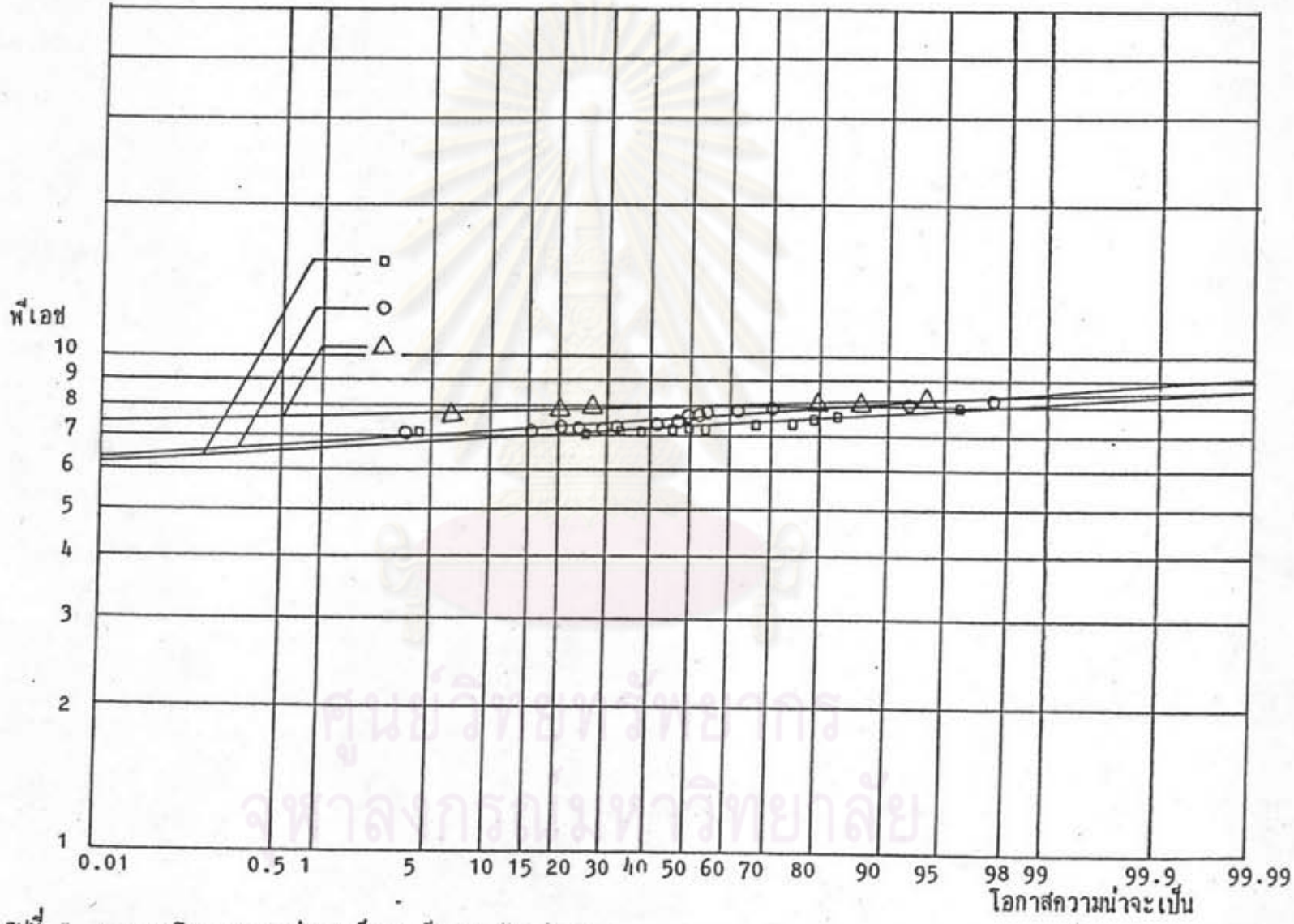
1. ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน มีความเข้มข้น 300 มก/ล. (คิดในรูปไนโตรเจน)
2. ปริมาณฟอสเฟต มีความเข้มข้น 30 มก/ล.(คิดในรูปฟอสฟอรัส)
3. ค่าความเป็นด่าง มีความเข้มข้น 1500 มก/ล. (คิดในรูปแคลเซียมคาร์บอเนต)

ค่าดังกล่าวนี้ได้นำมาใช้เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์เพื่อการทดลองในส่วนที่ 2 และส่วนที่ 3 ต่อไป

5.3 ผลการวิจัยส่วนที่ 2 : การทดลองเพื่อหาชนิดและปริมาณแมกนีเซียมที่เหมาะสมในการตกตะกอนทางเคมี ในรูปแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟต

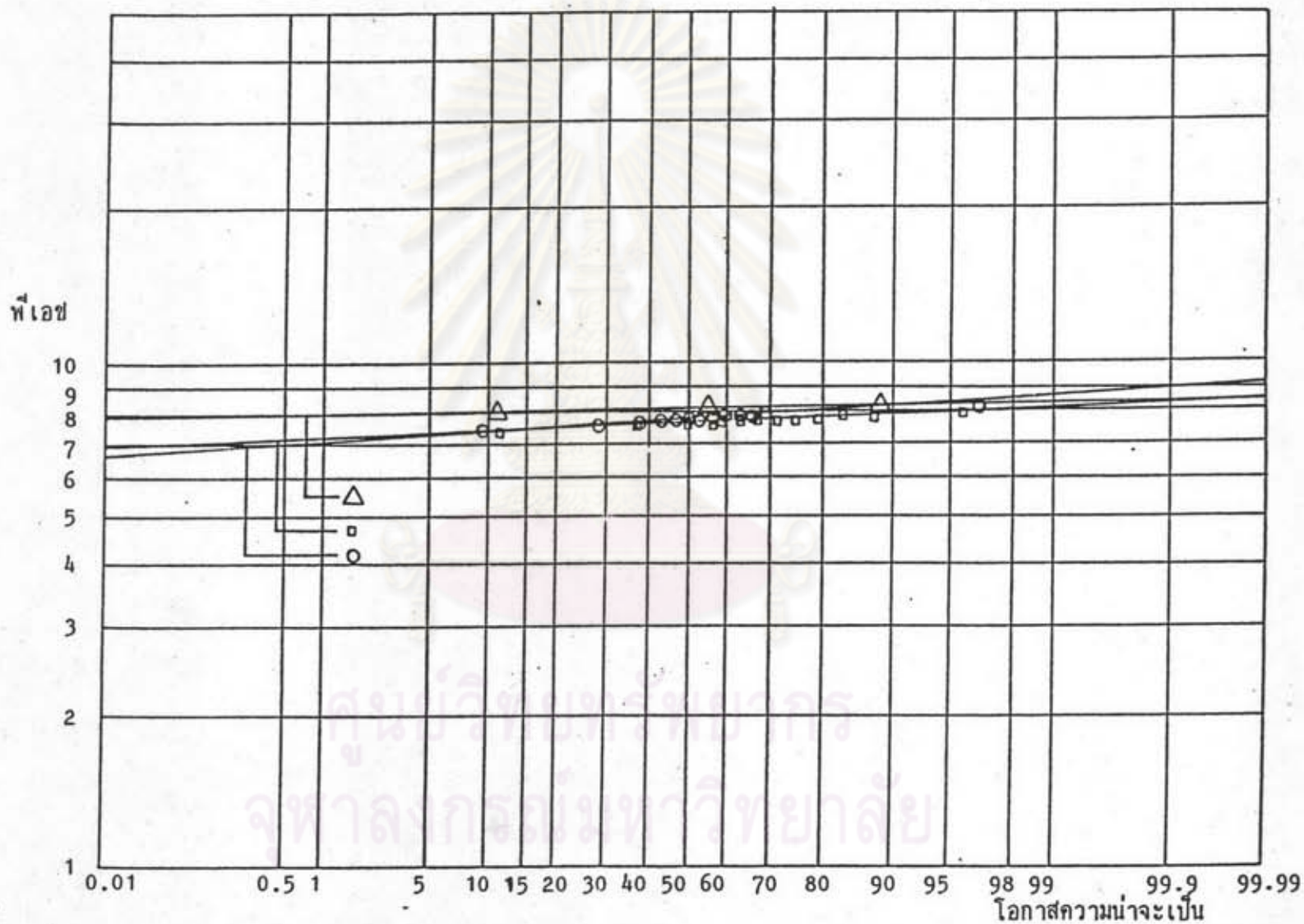
สารเคมีที่ใช้เป็นตัวให้แมกนีเซียมในการทดลองส่วนที่ 2 ได้แก่ แมกนีเซียมคาร์บอเนตไฮเดรตเบสิค และแมกนีเซียมคลอไรด์

ปริมาณแมกนีเซียมที่ใช้ ในการทดลองส่วนที่ 2 คำนวณได้จากค่าทางทฤษฎีจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่การละลายน้ำ ปริมาณอนุมูลแอมโมเนียม และปริมาณอนุมูลฟอสเฟตที่มีในน้ำเสีย ส่วนปริมาณแมกนีเซียมที่เหมาะสมจากการทดลองทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณแมกนีเซียมในลักษณะของการทำจาร์เทสท์ และพิจารณาค่าที่คำนวณได้ทางทฤษฎีเป็นเกณฑ์ (ดูภาคผนวก ผ.3)



รูปที่ 5. 2 กราฟโอกาสความน่าจะเป็นของพีเอช ตัวอย่างน้ำประเภท "R"

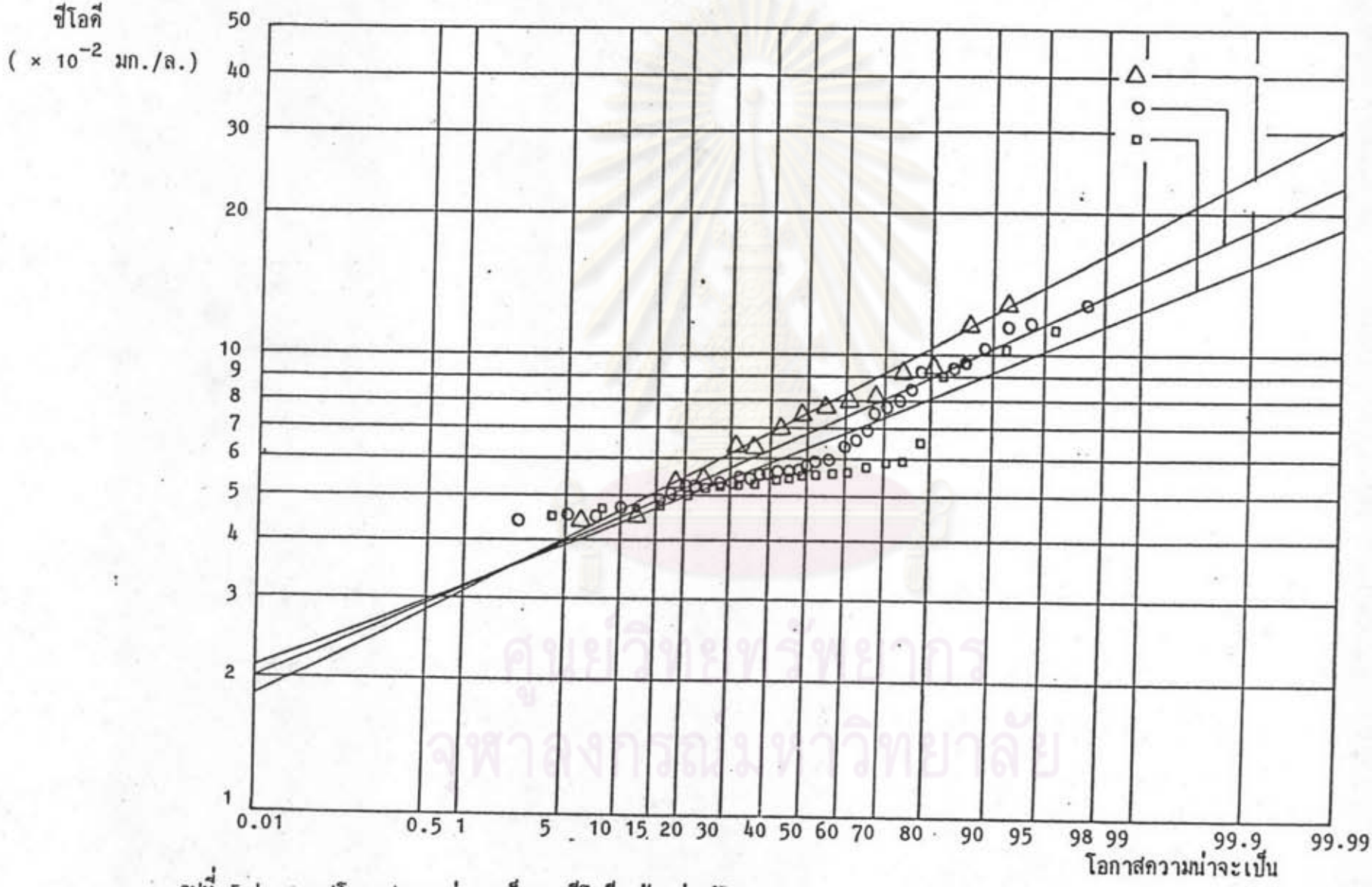
△ วิเคราะห์โดยนางไมตรี พระประเสริฐ ▫ วิเคราะห์โดยนายนิธิวัฒ จำรูญรัตน์ ○ ผลวิเคราะห์รวม



รูปที่ 5.3 กราฟโอกาสความน่าจะเป็นของพีเอช ตัวอย่างน้ำประเภท "F"

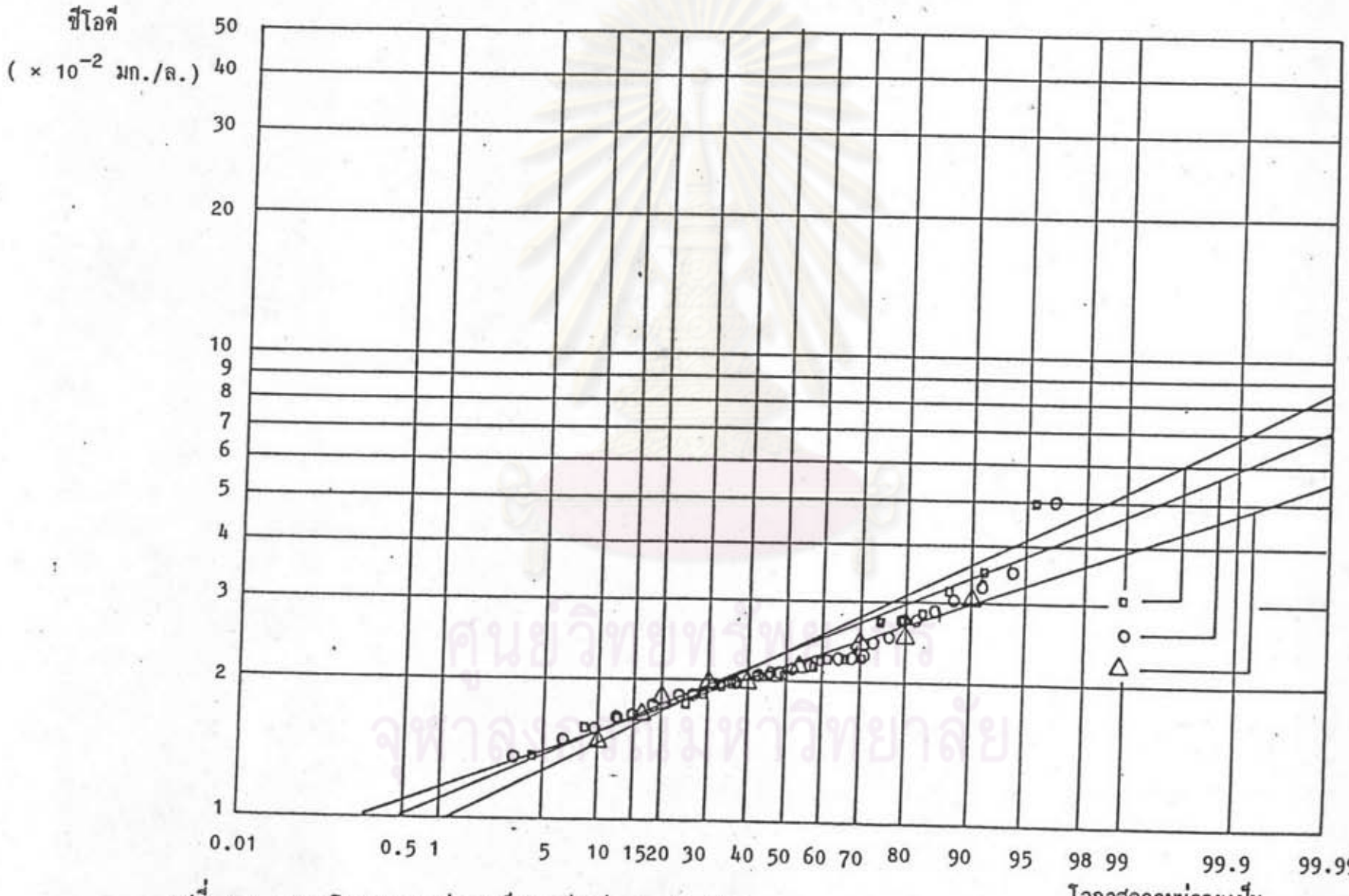
△ วิเคราะห์โดยนางไมตรี พระประเสริฐ ▫ วิเคราะห์โดยนายนิธิวัฒ จำรูญรัตน์ ○ ผลวิเคราะห์รวม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



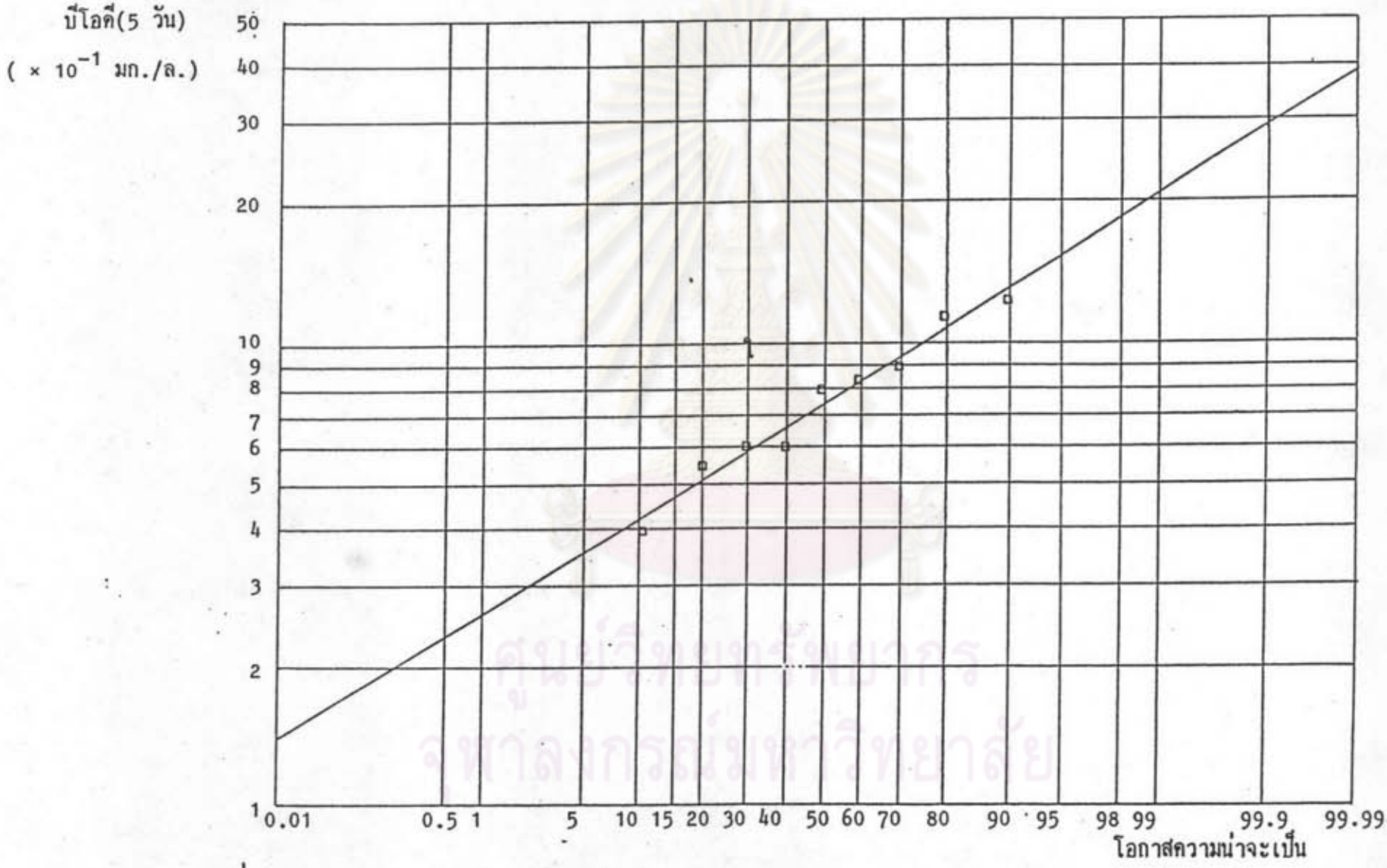
รูปที่ 5.4 กราฟโอกาสความน่าจะเป็นของซีโอดี ตัวอย่างน้ำประเภท "R"

△วิเคราะห์โดยนางไมตรี พระประเสริฐ ▫ วิเคราะห์โดยนายนิธิวัฒ จำรูญรัตน์ ○ ผลวิเคราะห์รวม



รูปที่ 5.5 กราฟโอกาสความน่าจะเป็นของซีโอดี ตัวอย่างน้ำประเภท "F"

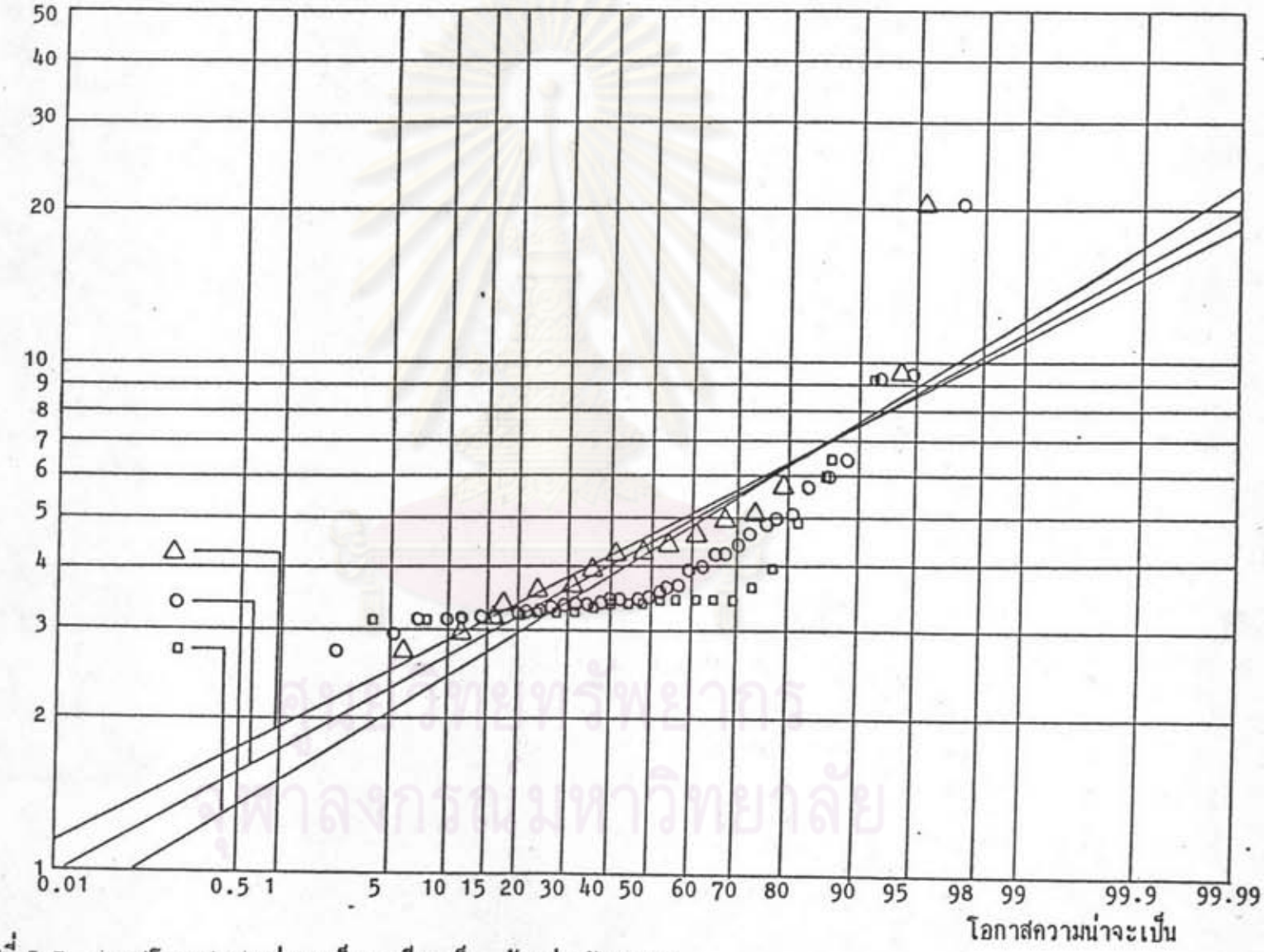
△ วิเคราะห์โดยนางไมตรี พระประเสริฐ ▫ วิเคราะห์โดยนายนิธิวัฒ จำรูญรัตน์ ○ ผลวิเคราะห์รวม



รูปที่ 5.6 กราฟโอกาสความน่าจะเป็นของบีโอดี(5 วัน)

▫ วิเคราะห์โดยนายนิธิวัฒ จำรูญรัตน์

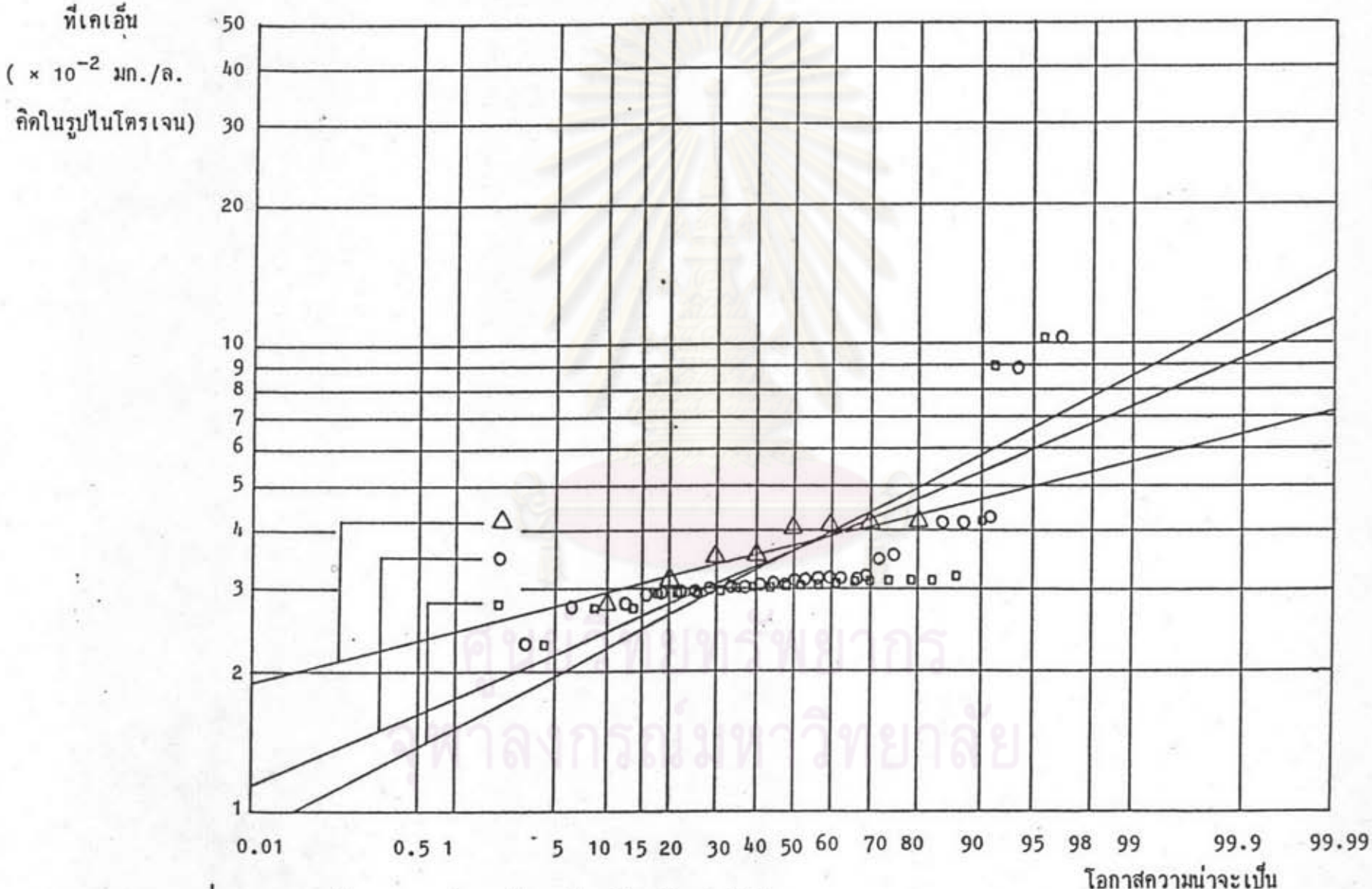
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.7 กราฟโอกาสความน่าจะเป็นของทีเคเอ็น ตัวอย่างน้ำประภท "R"

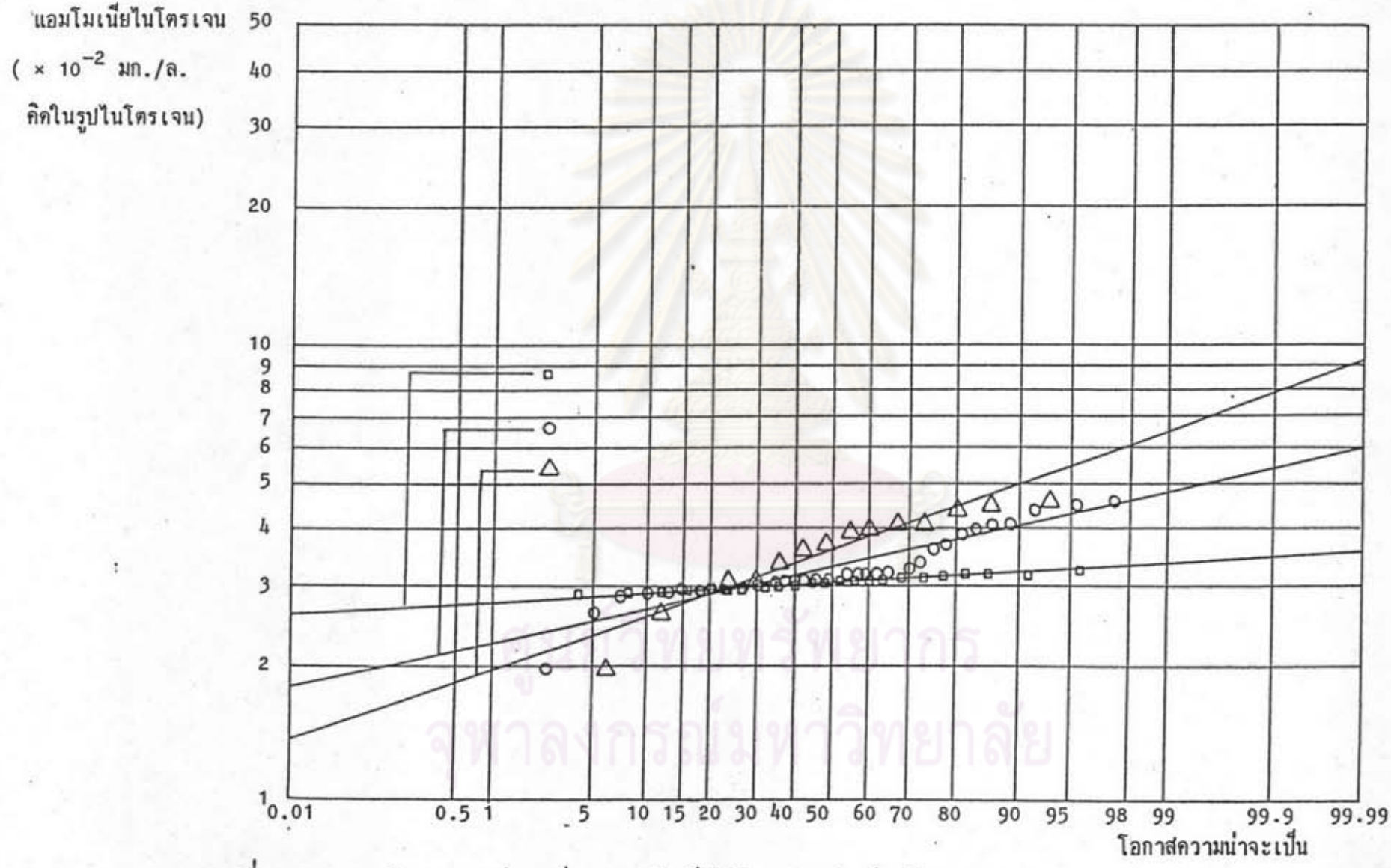
△ วิเคราะห์โดยนางไมตรี พระประเสริฐ ▫ วิเคราะห์โดยนายนิธิวัฒ จำรูญรัตน์ ○ ผลวิเคราะห์รวม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



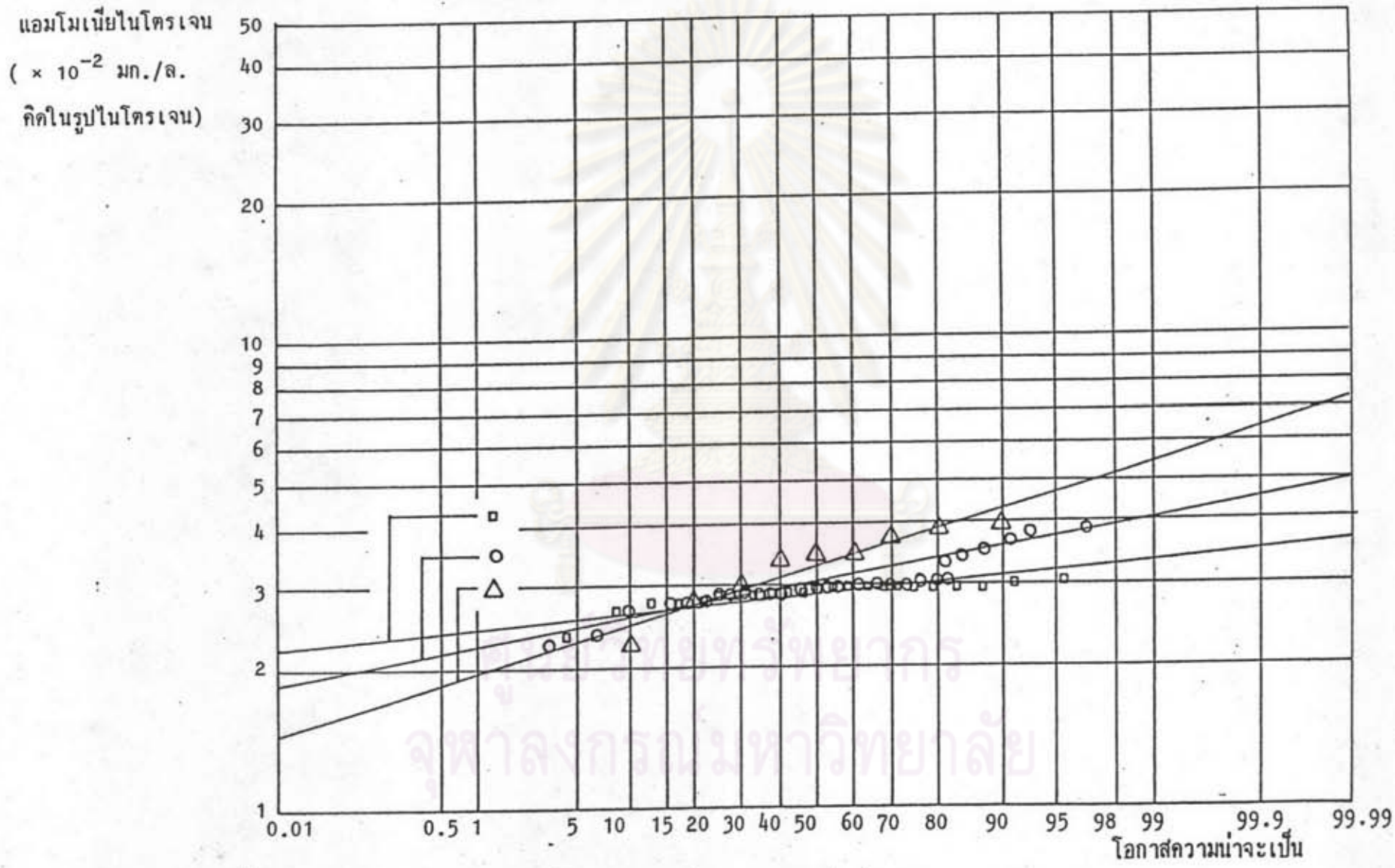
รูปที่ 5.8 กราฟโอกาสความน่าจะเป็นของทีเคเอ็น ตัวอย่างน้ำประเภท "F"

△ วิเคราะห์โดยนางไมตรี พระประเสริฐ ▫ วิเคราะห์โดยนายนิธิวัฒ จำรูญรัตน์ ○ ผลวิเคราะห์รวม



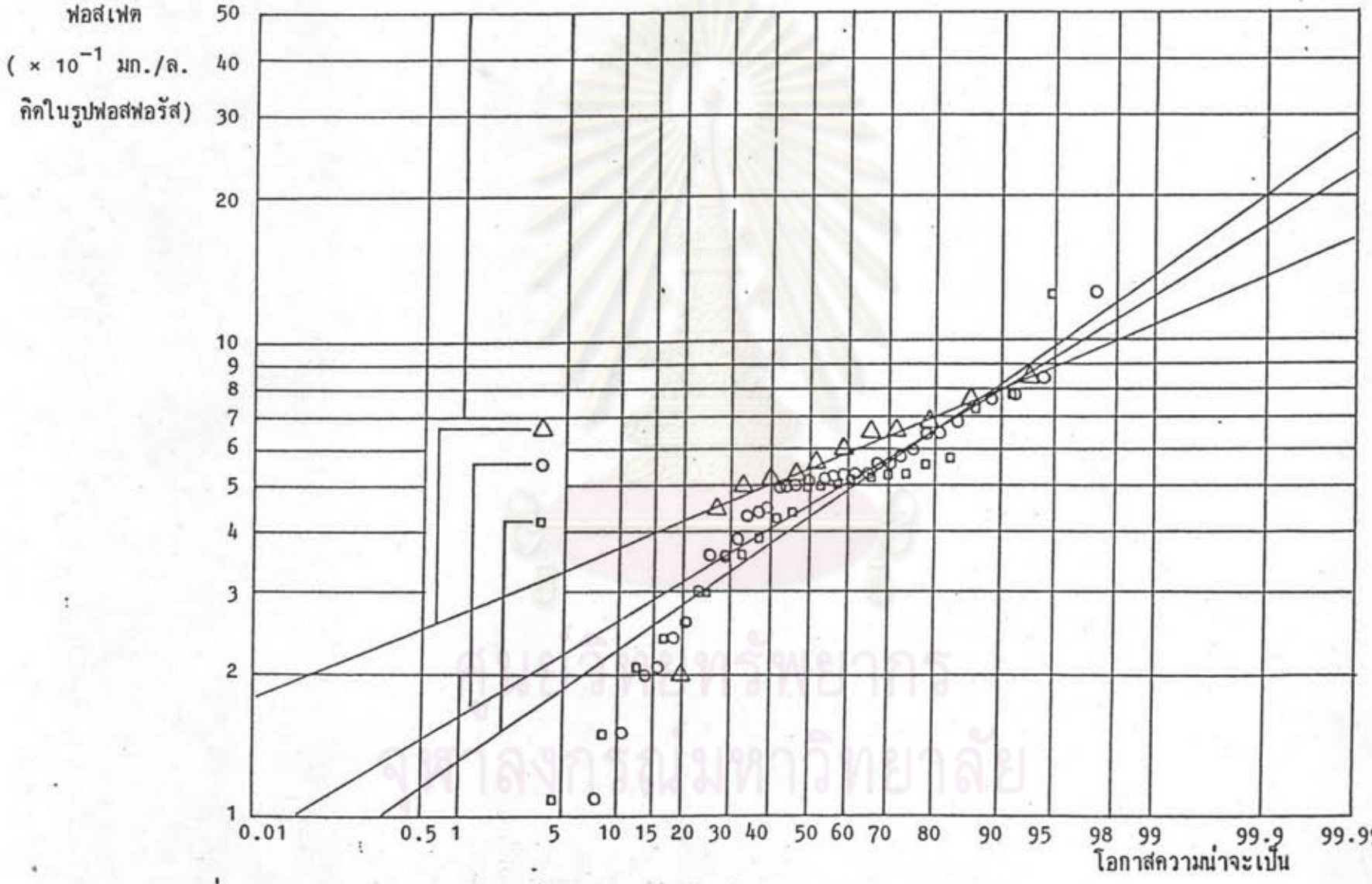
รูปที่ 5.9 กราฟโอกาสความน่าจะเป็นของแอมโมเนียไนโตรเจน ตัวอย่างน้ำประเภท "R"

△ วิเคราะห์โดยนางไมตรี พระประเสริฐ ▫ วิเคราะห์โดยนายนิธิวัฒ จำรูญรัตน์ ○ ผลวิเคราะห์รวม



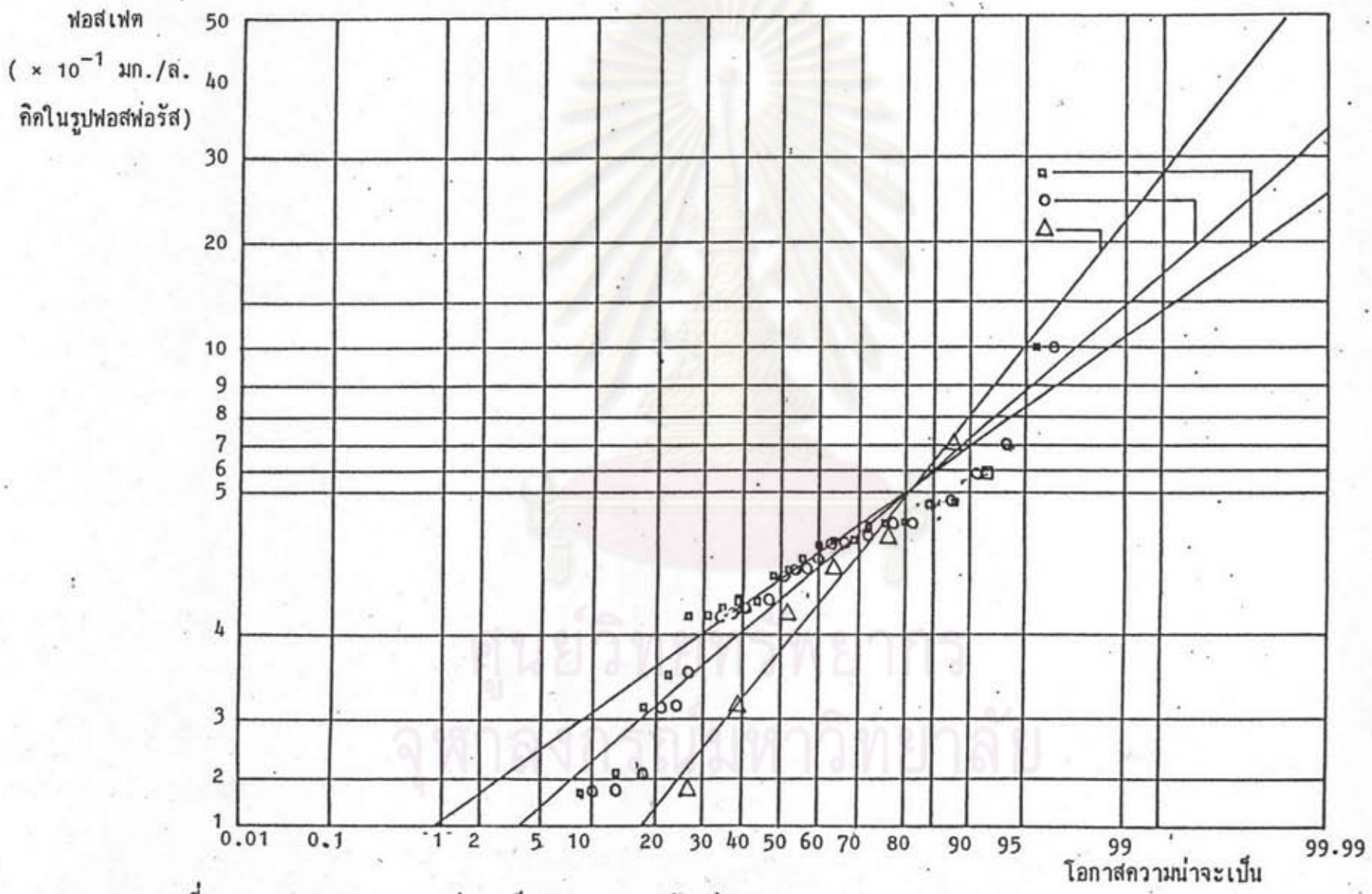
รูปที่ 5.10 กราฟโอกาสความน่าจะเป็นของแอมโมเนียไนโตรเจน ตัวอย่างน้ำประเภท "E"

△ วิเคราะห์โดยนางไมตรี พระประเสริฐ ▫ วิเคราะห์โดยนายนิธิวัฒ จำรูญรัตน์ ○ ผลวิเคราะห์รวม



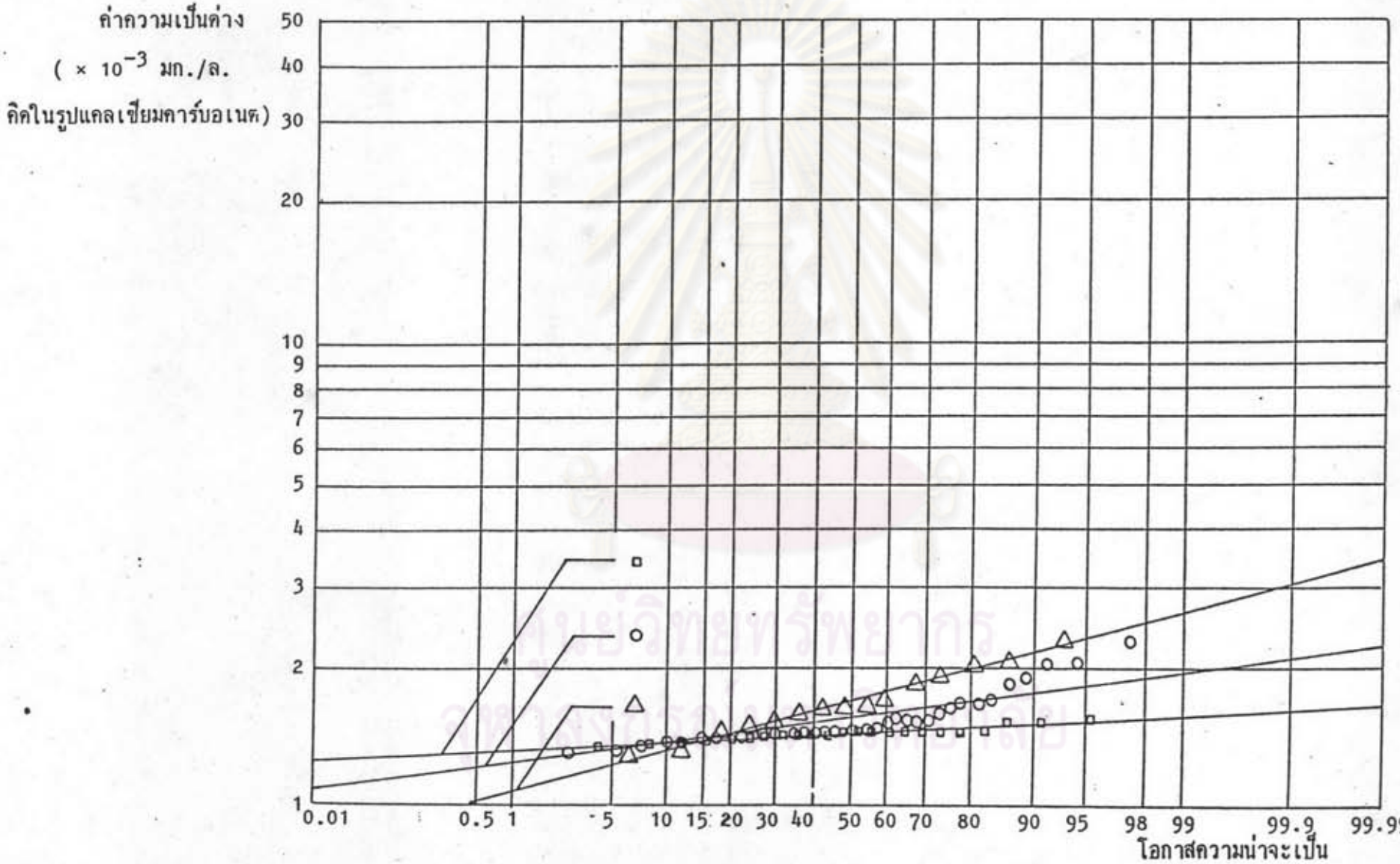
รูปที่ 5.11 กราฟโอกาสความน่าจะเป็นของฟอสเฟต ตัวอย่างที่ประเภท "R"

△ วิเคราะห์โดยนางไมตรี พระประเสริฐ ▫ วิเคราะห์โดยนายนิธิวัฒ จำรูญรัตน์ ○ ผลวิเคราะห์รวม



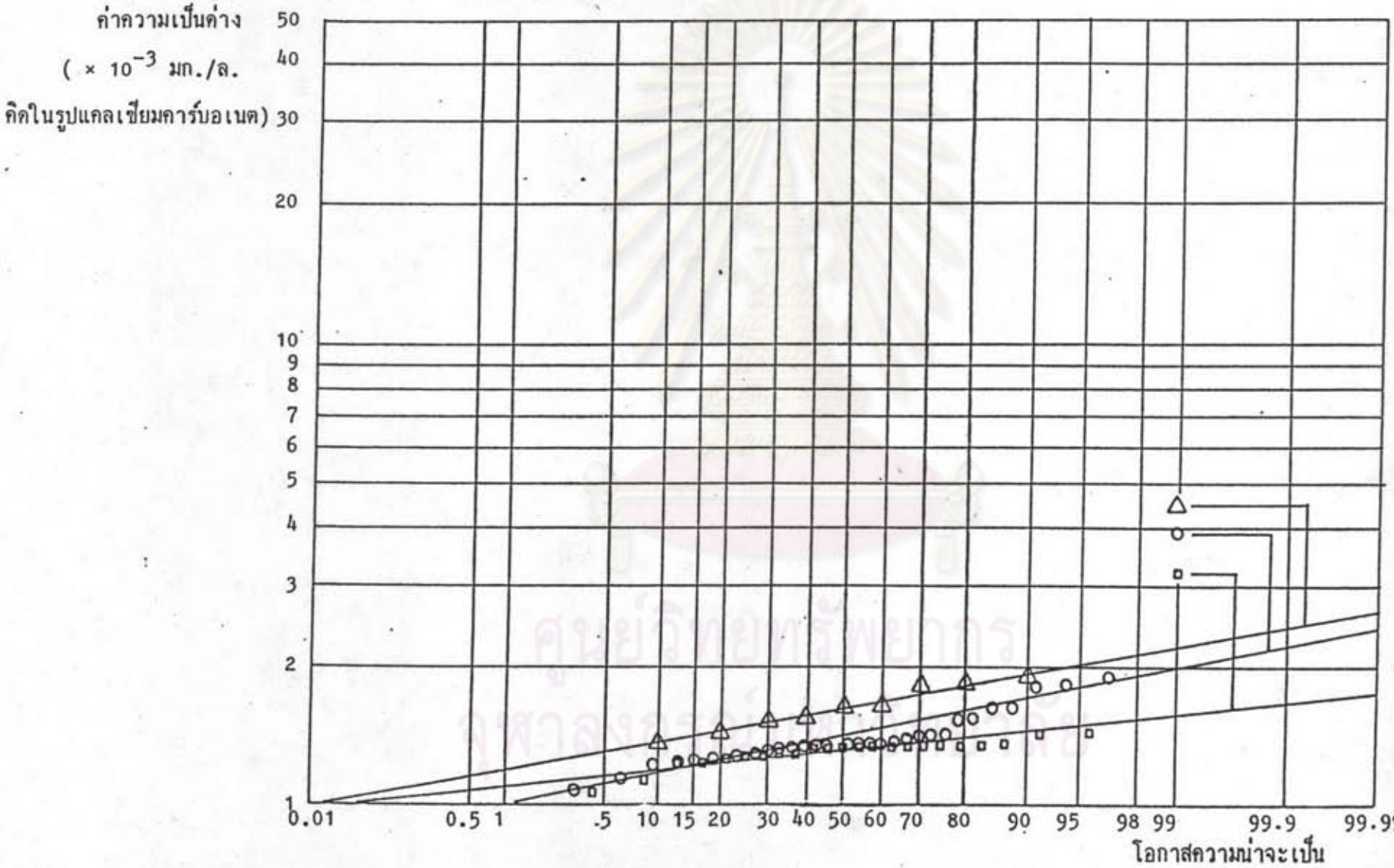
รูปที่ 5.12 กราฟโอกาสความน่าจะเป็นของฟอสเฟต ตัวอย่างน้ำประเภท "F"

△ วิเคราะห์โดยนางไมตรี พระประเสริฐ ▫ วิเคราะห์โดยนายนิธิวัฒ จำรูญรัตน์ ○ ผลวิเคราะห์รวม



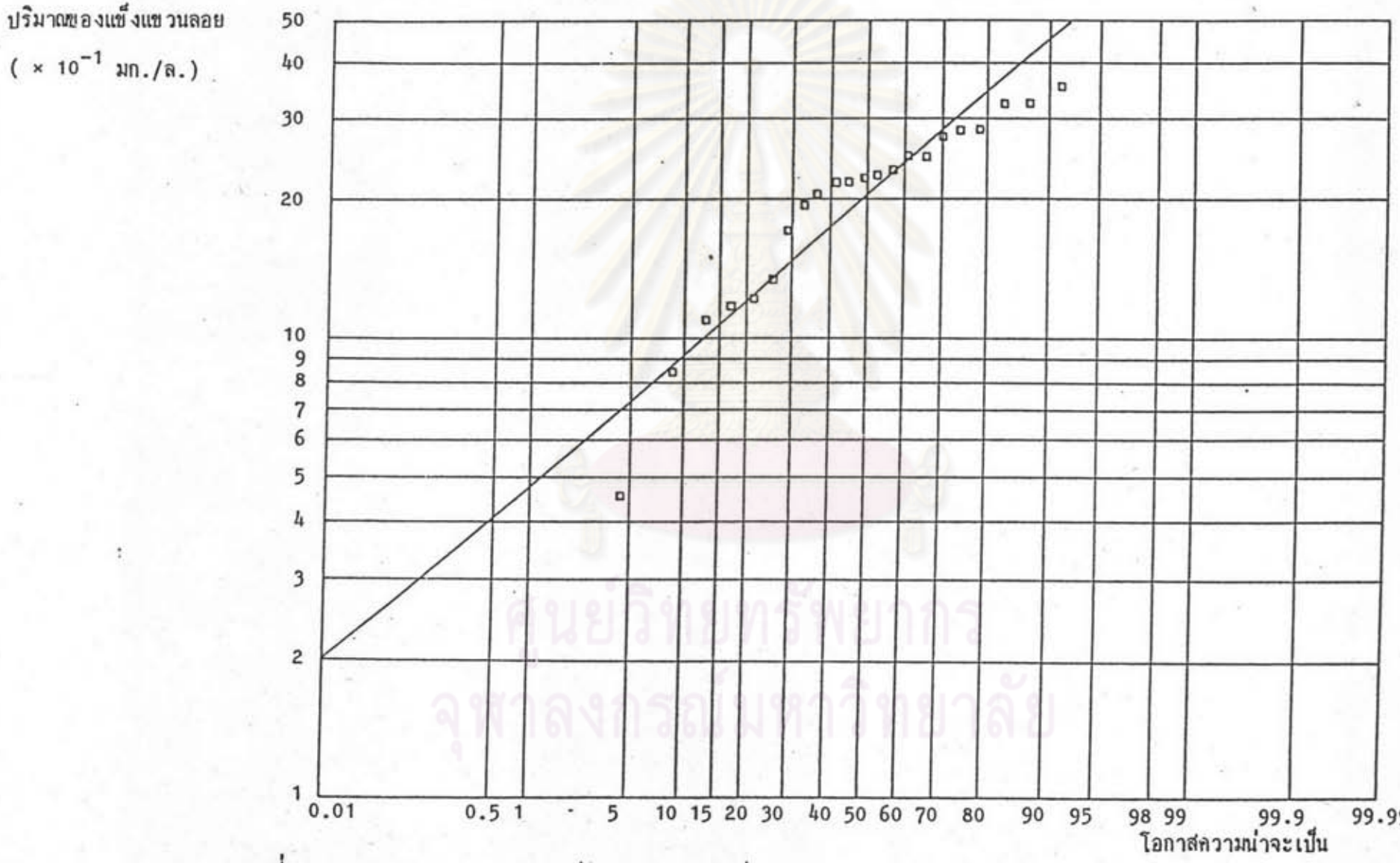
รูปที่ 5.13 กราฟโอกาสความน่าจะเป็นของค่าความเป็นด่าง ตัวอย่างน้ำประเภท "R"

△ วิเคราะห์โดยบางไมตรี พระประเสริฐ □ วิเคราะห์โดยบายยิติวัฒ จำรูญรัตน์ ○ ผลวิเคราะห์รวม



รูปที่ 5.14 กราฟโอกาสความน่าจะเป็นของค่าความเป็นด่าง ตัวอย่างน้ำประเภท "F"

△ วิเคราะห์โดยนางไมตรี พระประเสริฐ ▫ วิเคราะห์โดยนายนิธิวัฒ จำรูญรัตน์ ○ ผลวิเคราะห์รวม



รูปที่ 5. 15 กราฟโอกาสความน่าจะเป็นของปริมาณของแข็งแขวนลอย

□ วิเคราะห์โดยนวยนิธิวัฒ จำรูญรัตน์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.3 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของข้อมูลลักษณะน้ำใสส่วนบน จากถังหมักแบบไร้ออกซิเจน โรงบำบัดน้ำเสียห้วยขวาง การเคหะแห่งชาติ ตัวอย่างน้ำประเภท 'R'

กลุ่มข้อมูล	ค่าสถิติ	พีเอช	ของแข็งแขวนลอย	ซีโอดี	บีโอดี	ทีเคเอ็น	แอมโมเนียไนโตรเจน	ฟอสเฟต	ค่าความเป็นด่าง
1	ค่าสูงสุด	8.30	*	1288	*	957	459	84	2300
	ค่าต่ำสุด	7.00	*	434	*	271	198	0	1300
	ค่าเฉลี่ย	8.60	*	754	*	462	356	47	1706
	50%Prob	8.00	*	740	*	455	355	54	1700
2	ค่าสูงสุด	8.00	876	1148	125	2009	326	126	1520
	ค่าต่ำสุด	7.09	46	135	40	230	235	9	1360
	ค่าเฉลี่ย	7.38	241	616	79	456	303	47	1440
	50%Prob	7.40	205	620	73	425	305	45	1450
3	ค่าสูงสุด	8.30	876	1288	125	2009	459	126	2300
	ค่าต่ำสุด	7.09	46	434	40	271	198	0	1300
	ค่าเฉลี่ย	7.64	241	670	79	458	324	47	1545
	50%Prob	7.60	205	670	73	440	325	43	1570

หมายเหตุ ก) ส่วนที่ 1 :วิเคราะห์โดยนางไมตรี พระประเสริฐ จำนวน 15 ตัวอย่าง
ส่วนที่ 2 :วิเคราะห์โดยนายนิธิวัฒ จำรูญรัตน์ จำนวน 23 ตัวอย่าง
ส่วนที่ 3 :รวมผลการวิเคราะห์ทั้งสองส่วน จำนวน 38 ตัวอย่าง

ข) หน่วยของแต่ละลักษณะน้ำเหมือนในตารางที่ 5.1

ค) * หมายถึง ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ง) 50%Prob หมายถึง ค่าที่โอกาสความน่าจะเป็นเท่ากับร้อยละ 50

ตารางที่ 5.4 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของข้อมูลลักษณะน้ำใสส่วนบน จากถังหมักแบบไร้ออกซิเจน โรงบำบัดน้ำเสียห้วยขวาง การเคหะแห่งชาติ ตัวอย่างน้ำประเภท 'F'

กลุ่มข้อมูล	ค่าสถิติ	พีเอช	ซีโอดี	ทีเคเอ็น	แอมโมเนียไนโตรเจน	ฟอสเฟต	ค่าความเป็นด่าง
1	ค่าสูงสุด	8.20	302	424	394	64	1900
	ค่าต่ำสุด	8.00	149	280	224	0	1360
	ค่าเฉลี่ย	8.13	218	375	331	22	1632
	50%Prob	8.10	215	370	330	25	1620
2	ค่าสูงสุด	8.10	502	1014	307	105	1425
	ค่าต่ำสุด	7.40	40	230	11	9	1066
	ค่าเฉลี่ย	7.67	229	361	287	36	1309
	50%Prob	7.60	230	360	285	35	1320
3	ค่าสูงสุด	8.20	502	1014	394	105	1900
	ค่าต่ำสุด	7.40	135	230	224	0	1066
	ค่าเฉลี่ย	7.78	226	365	300	32	1400
	50%Prob	7.80	230	360	305	31	1420

หมายเหตุ ก) ส่วนที่ 1 :วิเคราะห์โดยนางไมตรี พระประเสริฐ จำนวน 15 ตัวอย่าง
ส่วนที่ 2 :วิเคราะห์โดยนายนิธิวัฒ จำรูญรัตน์ จำนวน 23 ตัวอย่าง
ส่วนที่ 3 :รวมผลการวิเคราะห์ทั้งสองส่วน จำนวน 38 ตัวอย่าง

ข) หน่วยของแต่ละลักษณะน้ำเหมือนในตารางที่ 5.1

ค) * หมายถึง ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ง) 50%Prob หมายถึง ค่าที่โอกาสความน่าจะเป็นเท่ากับร้อยละ 50

5.3.1 ผลการทดลองการตกตะกอนทางเคมี โดยใช้แมกนีเซียมคาร์บอเนตไฮเดรตเบสิค

วิธีการทดลองในหัวข้อนี้ ได้แก่การทำจาร์เทส ซึ่งได้แสดงไว้ในหัวข้อ 4.1.2 โดยใช้ปริมาณแมกนีเซียมที่ระบุในการทดลองว่าเป็นค่าที่คำนวณได้ทางทฤษฎีคือปริมาณแมกนีเซียมที่ทำให้เกิดเกิดการตกตะกอนทางเคมีพอดี ลักษณะการทดลองและผลการทดลอง มีดังนี้

ในการทดลองครั้งที่ 1 ทำการทดลอง 4 จาร์ โดยใช้**น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่าความเป็นด่าง** และเติมแมกนีเซียมคาร์บอเนตไฮเดรตเบสิคในรูปสารละลาย ให้มีปริมาณแมกนีเซียมอิออนเท่ากับ, 10, 100 และ 1,000 เท่าของค่าที่คำนวณได้ทาง ทฤษฎี (ซึ่งเท่ากับ $1.47 * 10^{-3}$ มก./ล.)ตามลำดับ ทำการทดลองซ้ำจำนวน 2 ครั้ง ผลการทดลองพบว่าไม่มีตะกอนของแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟตเกิดขึ้น และพบว่าแทบจะไม่มีการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียม อนุมูลฟอสเฟต และค่าความเป็นด่างดังแสดงในตารางที่ 5.5 และ 5.6 โดยมีร้อยละของการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียมเป็น 4.1, 6.7, 2.9 และ 7.1 ตามลำดับในครั้งที่ 1 และ 11.2, 7.6, 7.9 และ 7.2 ตามลำดับในครั้งที่ 2 ส่วนร้อยละของการกำจัดอนุมูลฟอสเฟตเป็น 0, 7.1, 0 และ 14.3 ตามลำดับในครั้งที่ 1 และ 3.3, 0, 16.7 และ 13.3 ตามลำดับในครั้งที่ 2

ในการทดลองครั้งที่ 2 ได้ทำการทดลองอีก 4 จาร์เหมือนการทดลองครั้งที่ 1 แต่**ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มีค่าความเป็นด่าง** ผลการทดลองพบว่าไม่มีการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียม อนุมูลฟอสเฟต และค่าความเป็นด่างดังแสดงในตารางที่ 5.7 โดยมีร้อยละของการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียมเป็น 5.2, 7.8, 4.8 และ 4.5 ตามลำดับ ส่วนร้อยละของการกำจัดฟอสเฟตเป็น 8.8, 8.8, 11.8 และ 17.6 ตามลำดับ

ในการทดลองครั้งที่ 3 ได้ทำการทดลอง 1 จาร์ โดย**ใช้น้ำเสียสังเคราะห์มีค่าความเป็นด่าง** และเตรียมสารละลายแมกนีเซียมคาร์บอเนตไฮเดรตเบสิค ที่เข้มข้นมากเกินพอจนตกตะกอนแล้วนำสารละลายนี้ไปกรองผ่านกระดาษกรอง GF/C ขนาด 0.45 ไมครอน นำสารละลายที่กรองผ่านกระดาษกรองไปวิเคราะห์หาปริมาณแมกนีเซียม พบว่ามีความเข้มข้น 28.8 มก./ล.(คิดในรูปแมกนีเซียม) ในการทดลองเติมสารละลายแมกนีเซียมคาร์บอเนตไฮเดรตเบสิคที่เตรียมโดยวิธีใหม่นี้ ลงในจาร์โดยให้มีความเข้มข้นของแมกนีเซียมอิออนเป็น 1 มก./ล. ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า ไม่มีตะกอนของแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟตเกิดขึ้นอีกเช่นเคย โดยพบว่ามีการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียม อนุมูลฟอสเฟต และค่าความเป็นด่างน้อยมาก ดังแสดง

ในตารางที่ 5.8 ร้อยละของการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียมเป็น 8.9 และร้อยละของการกำจัดฟอสเฟตเป็น 12.1

ตารางที่ 5.5 สรุปการทดลองครั้งที่ 1.1

สัญญลักษณ์ MCH: แมกนีเซียมคาร์บอเนตไฮเดรตเบสิค

ขั้นตอน	จาร์ที่	สารละลาย MCH(มก./ล.-คิดในรูป MCH)	ลักษณะทางเคมี			
			แอมโมเนียไนโตรเจน	ฟอสเฟต	ค่าความเป็นด่าง	พีเอช
ก่อนทำจาร์เทส	1 ถึง 4	-	268	28	1490	7.85
การทำจาร์เทสและผลวิเคราะห์ที่ได้	1	$1.47*10^{-3}$	257	28	1405	8.10
	2	0.147	250	26	1430	8.10
	3	1.47	260	28	1440	8.18
	4	14.7	249	24	1410	8.20

หมายเหตุ หน่วย: ความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน : มก./ล.(คิดในรูปไนโตรเจน)

ความเข้มข้นของฟอสเฟต : มก./ล.(คิดในรูปฟอสฟอรัส)

ความเข้มข้นของค่าความเป็นด่าง : มก./ล.(คิดในรูปแคลเซี่ยมคาร์บอเนต)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.6 สรุปการทดลองครั้งที่ 1.2

สัญญลักษณ์ MCH: แมกนีเซียมคาร์บอเนตไฮเดรตเบสิค

ขั้นตอน	จาร์ที่	สารละลาย MCH(มก./ล.- คิดในรูป MCH)	ลักษณะทางเคมี			
			แอมโมเนียไนโตรเจน	ฟอสเฟต	ค่าความเป็นด่าง	พีเอช
ก่อนทำจาร์เทส	1 ถึง 4	-	277	30	1480	7.85
การทำจาร์เทสและผลวิเคราะห์ที่ได้	1	$1.47*10^{-3}$	246	29	1408	7.95
	2	0.147	256	30	1416	7.99
	3	1.47	255	25	1372	7.99
	4	14.7	257	26	1400	8.00

หมายเหตุ หน่วยของความเข้มข้นแต่ละลักษณะทางเคมีเหมือนตารางที่ 5.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.7 สรุปการทดลองครั้งที่ 2

สัญญลักษณ์ MCH: แมกนีเซียมคาร์บอเนตไฮเดรตเบสิค

ขั้นตอน	จาร์ที่	สารละลาย MCH(มก./ล.- คิดในรูป MCH)	ลักษณะทางเคมี			
			แอมโมเนียไนโตรเจน	ฟอสเฟต	ค่าความเป็นด่าง	พีเอช
ก่อนทำจาร์เทส	1 ถึง 4	-	267	34	56	6.95
การทำจาร์เทสและผลวิเคราะห์ที่ได้	1	$1.47*10^{-3}$	253	31	42	6.90
	2	0.147	246	31	42	6.80
	3	1.47	254	30	42	6.91
	4	14.7	255	28	44	6.91

หมายเหตุ หน่วยของความเข้มข้นแต่ละลักษณะทางเคมีเหมือนตารางที่ 5.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.8 สรุปการทดลองครั้งที่ 3

สัญญลักษณ์ MCH: แมกนีเซียมคาร์บอเนตไฮเดรตเบสิค

ขั้นตอน	จาร์ที่	สารละลาย MCH(มก./ล.-คิดในรูป Mg)	ลักษณะทางเคมี			
			แอมโมเนียไนโตรเจน	ฟอสเฟต	ค่าความเป็นด่าง	พีเอช
ก่อนทำจาร์เทส	1	-	269	33	1412	7.85
หลังทำจาร์เทส	1	1.00	245	29	1360	7.90

หมายเหตุ หน่วยของความเข้มข้นแต่ละลักษณะทางเคมีเหมือนตารางที่ 5.5

ในการทดลองครั้งที่ 4 ได้ทำการทดลอง 4 จาร์เหมือนการทดลองครั้งที่ 3 โดยใช้**น้ำเสียสังเคราะห์มีค่าความเป็นด่าง** ทว่าก่อนการทดลองให้ปรับพีเอชของน้ำเสียสังเคราะห์ในจาร์ทั้ง 4 เป็น 2, 4, 9 และ 11 ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าไม่มีตะกอนของแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟตเกิดขึ้นอีกดังเดิม ดังแสดงในตารางที่ 5.9 โดยมีร้อยละของการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียมเป็น 5.8, 1.2, 6.6 และ 10.5 ตามลำดับ ส่วนร้อยละของการกำจัดฟอสเฟตเป็นศูนย์ทุกจาร์

ในการทดลองครั้งที่ 5 ได้ทำการทดลองอีก 3 จาร์ โดยใช้**น้ำเสียสังเคราะห์ไม่มีค่าความเป็นด่าง** และเติมแมกนีเซียมคาร์บอเนตไฮเดรตเบสิคในรูปผง โดยเติมลงในจาร์ทั้ง 3 ให้มีปริมาณแมกนีเซียมอิออนเป็น 50, 100 และ 300 มก./ล.ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่ามีตะกอนขุ่นสีขาวเกิดขึ้น และจากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำหลังการทดลอง ทั้งวิธีกรองและไม่กรองตัวอย่างน้ำก่อนการวิเคราะห์ พบว่ามีการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียม อนุมูลฟอสเฟต และค่าความเป็นด่างน้อยมาก ดังแสดงในตารางที่ 5.10 โดยมีร้อยละของการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียมเป็น 5.6, 2.6 และ 6.0 ตามลำดับในตัวอย่างน้ำที่ไม่กรอง และ 9.0, 12.4 และ 14.7 ตามลำดับในตัวอย่างน้ำที่กรอง ส่วนร้อยละของการกำจัดอนุมูลฟอสเฟตเป็น 16.2 ในทุกจาร์

สำหรับตัวอย่างน้ำที่กรอง และในตัวอย่างที่ไม่กรองไม่สามารถวิเคราะห์ได้เนื่องจากมีความขุ่นรบกวน

ตารางที่ 5.9 สรุปการทดลองครั้งที่ 4

สัญญลักษณ์ MCH: แมกนีเซียมคาร์บอเนตไฮเดรตเบสิค

ขั้นตอน	จาร์ที่	สารละลาย MCH(มก./ล.-คิดในรูป Mg)	ลักษณะทางเคมี			
			แอมโมเนียไนโตรเจน	ฟอสเฟต	ค่าความเป็นด่าง	พีเอช
ก่อนทำจาร์เทส	1 ถึง 4	-	256	31	1416	7.95
การทำจาร์เทสและผลวิเคราะห์ที่ได้	1	1.00	241	31	0	2.00
	2	1.00	253	31	32	4.75
	3	1.00	239	31	1796	8.94
	4	1.00	229	31	3348	10.83

หมายเหตุ หน่วยของความเข้มข้นแต่ละลักษณะทางเคมีเหมือนตารางที่ 5.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.10 สรุปการทดลองครั้งที่ 5

สัญญลักษณ์ MCH: แมกนีเซียมคาร์บอเนตไฮเดรตเบสิค

R: ตัวอย่างน้ำที่กรอง F: ตัวอย่างน้ำที่ไม่กรอง *: ผิดพลาดจากความชุ่น

ขั้นตอน	จาร์ที่	ผง MCH (มก./ล.- คิดในรูป Mg)		ลักษณะทางเคมี			
				แอมโมเนียไนโตรเจน	ฟอสเฟต	ค่าความเป็นด่าง	พีเอช
ก่อนทำจาร์เทส	1 ถึง 3	-		266	37	50	7.09
การทำจาร์เทสและผลวิเคราะห์ที่ได้	1	50	R	251	33	218	8.10
			F	242	31	180	7.86
	2	100	R	259	*	296	8.30
			F	233	31	180	7.99
	3	300	R	250	*	340	8.41
			F	250	31	340	8.71

หมายเหตุ หน่วยของความเข้มข้นแต่ละลักษณะทางเคมีเหมือนตารางที่ 5.5

ในการทดลองครั้งที่ 6 ได้ทำการทดลองอีก 3 จาร์เหมือนการทดลองครั้งที่ 5 แต่ใช้น้ำเสียสังเคราะห์มีค่าความเป็นด่าง ได้ผลการทดลองเหมือนการทดลองครั้งที่ 5 ดังแสดงในตารางที่ 5.11 โดยมีร้อยละของการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียเป็น 0.7, 4.0 และ 5.2 ตามลำดับในตัวอย่างน้ำที่ไม่กรอง และ 12.2, 12.2 และ 16.3 ตามลำดับในตัวอย่างน้ำที่กรอง ส่วนร้อยละของการกำจัดอนุมูลฟอสเฟตเป็น 1.3, 1.3 และ 11.8 ตามลำดับในตัวอย่างน้ำที่ไม่กรองและ 7.9, 28.9 และ 25.0 ตามลำดับในตัวอย่างน้ำที่กรอง

ตารางที่ 5.11 สรุปการทดลองครั้งที่ 6

สัญญลักษณ์ MCH: แมกนีเซียมคาร์บอเนตไฮเดรตเบสิค

R: ตัวอย่างน้ำที่กรอง F: ตัวอย่างน้ำที่ไม่กรอง

ขั้นตอน	จาร์ที่	ผง MCH (มก./ล.- คิดในรูป Mg)		ลักษณะทางเคมี			
				แอมโมเนียไนโตรเจน	ฟอสเฟต	ค่าความเป็นด่าง	พีเอช
ก่อนทำจาร์เทส	1 ถึง 3	-		270	38	1492	7.70
การทำจาร์เทสและผลวิเคราะห์ที่ได้	1	50	R	268	37.5	1604	8.14
			F	237	35.0	1528	8.10
	2	100	R	259	37.5	1656	8.22
			F	237	27.0	1568	8.20
	3	300	R	256	33.5	1724	8.32
			F	226	28.5	1556	8.26

หมายเหตุ หน่วยของความเข้มข้นแต่ละลักษณะทางเคมีเหมือนตารางที่ 5.5

5.3.2 ผลการทดลองการตกตะกอนทางเคมีโดยใช้แมกนีเซียมคลอไรด์

วิธีการทดลองในหัวข้อนี้ ได้แก่การทำจาร์เทส เช่นเดียวกับการทดลองในหัวข้อ 5.3.1 ลักษณะการทดลองและผลการทดลองมีดังนี้

ในการทดลองครั้งที่ 7 ได้ทำการทดลอง 3 จาร์ โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์มีค่าความเป็นด่าง และเติมแมกนีเซียมคลอไรด์ในรูปสารละลาย โดยเติมลงในจาร์ทั้ง 3 ให้มีปริมาณแมกนีเซียมอิออน เท่ากับ, 10 และ 100 เท่าของค่าที่คำนวณได้ทางทฤษฎี

(ซึ่งเท่ากับ $2.45*10^{-3}$ มก./ล.)ตามลำดับ ผลการทดลอง พบว่าไม่มีตะกอนของแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟตเกิดขึ้น และมีการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียม อนุมูลฟอสเฟต และค่าความเป็นด่างน้อยมาก ดังแสดงในตารางที่ 5.12 โดยมีร้อยละของการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียเป็น 4.2, 2.3 และ 5.4 ตามลำดับ ส่วนร้อยละของการกำจัดอนุมูลฟอสเฟตเป็น 1.4, 0 และ 0 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.12 สรุปการทดลองครั้งที่ 7

สัญญลักษณ์ MCL:แมกนีเซียมคลอไรด์

ขั้นตอน	จาร์ที่	สารละลาย MCL(มก./ล.-คิดในรูป MCL)	ลักษณะทางเคมี			
			แอมโมเนียไนโตรเจน	ฟอสเฟต	ค่าความเป็นด่าง	พีเอช
ก่อนทำจาร์เทส	1 ถึง 3	-	259	36.0	1484	7.84
การทำจาร์เทสและผลวิเคราะห์ที่ได้	1	$2.45*10^{-3}$	248	35.5	1388	7.97
	2	$2.45*10^{-2}$	253	36.0	1323	7.98
	3	0.245	245	36.0	1348	7.96

หมายเหตุ หน่วยของความเข้มข้นแต่ละลักษณะทางเคมีเหมือนตารางที่ 5.5

ในการทดลองครั้งที่ 8 ได้ทำการทดลองอีก 3 จาร์เหมือนการทดลองครั้งที่ 7 แต่ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ไม่มีค่าความเป็นด่าง พบว่ามีการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียม อนุมูลฟอสเฟต และค่าความเป็นด่างน้อยมากเช่นกัน ดังแสดงในตารางที่ 5.13 โดยมีร้อยละของการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียมเป็น 1.1, 1.8 และ 3.3 ตามลำดับ ส่วนร้อยละของการกำจัดอนุมูลฟอสเฟตเป็นศูนย์ในทุกจาร์

ตารางที่ 5.13 สรุปการทดลองครั้งที่ 8
สัญญลักษณ์ MCL: แมกนีเซียมคลอไรด์

ขั้นตอน	จาร์ที่	สารละลาย MCL(มก./ล.-คิดในรูป MCL)	ลักษณะทางเคมี			
			แอมโมเนียไนโตรเจน	ฟอสเฟต	ค่าความเป็นด่าง	พีเอช
ก่อนทำจาร์เทส	1 ถึง 3	-	273	31.0	50	7.09
การทำจาร์เทสและผลวิเคราะห์ที่ได้	1	$2.45*10^{-3}$	270	31.0	50	7.11
	2	$2.45*10^{-2}$	268	31.0	50	7.04
	3	0.245	264	31.0	50	7.12

หมายเหตุ หน่วยของความเข้มข้นแต่ละลักษณะทางเคมีเหมือนตารางที่ 5.5

ในการทดลองครั้งที่ 9 ได้ทำการทดลองอีก 3 จาร์ โดยใช้**น้ำเสียสังเคราะห์มีค่าความเป็นด่าง** และเติมแมกนีเซียมคลอไรด์ในรูปผง ให้มีปริมาณแมกนีเซียมอิออนเป็น 20, 60 และ 100 มก./ล.ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าไม่มีตะกอนของแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟตเกิดขึ้น และมีการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียม อนุมูลฟอสเฟต และค่าความเป็นด่างน้อยมากเช่นเดิม ดังแสดงในตารางที่ 5.14 โดยมีร้อยละของการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียมเป็น 2.6, 3.3 และ 4.9 ตามลำดับ ส่วนร้อยละของการกำจัดอนุมูลฟอสเฟตเป็น 1.5, 0 และ 0 ตามลำดับ

ในการทดลองครั้งที่ 10 ได้ทำการทดลองอีก 3 จาร์เหมือนการทดลองครั้งที่ 9 แต่**ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ไม่มีค่าความเป็นด่าง** พบว่ามีการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียม อนุมูลฟอสเฟต และค่าความเป็นด่างน้อยมากอีกเช่นเดิม ดังแสดงในตารางที่ 5.15 โดยมีร้อยละของการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียมเป็น 1.8, 1.8 และ 1.5 ตามลำดับ ส่วนร้อยละของการกำจัดอนุมูลฟอสเฟตเป็น 4.8, 11.1 และ 11.1 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.14 สรุปการทดลองครั้งที่ 9
สัญญลักษณ์ MCL: แมกนีเซียมคลอไรด์

ขั้นตอน	จาร์ที่	ผง MCL (มก./ล.- คิดในรูป Mg)	ลักษณะทางเคมี			
			แอมโมเนียไนโตรเจน	ฟอสเฟต	ค่าความเป็นด่าง	พีเอช
ก่อนทำจาร์เทส	1 ถึง 3	-	267	33.0	1460	7.87
การทำจาร์เทสและผลวิเคราะห์ที่ได้	1	20	260	32.5	1440	7.90
	2	60	258	33.0	1444	7.90
	3	100	254	33.0	1408	7.90

หมายเหตุ หน่วยของความเข้มข้นแต่ละลักษณะทางเคมีเหมือนตารางที่ 5.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.15 สรุปการทดลองครั้งที่ 10
สัญญลักษณ์ MCL: แมกนีเซียมคลอไรด์

ขั้นตอน	จาร์ที่	ผง MCL (มก./ล.- คิดในรูป Mg)	ลักษณะทางเคมี			
			แอมโมเนียไนโตรเจน	ฟอสเฟต	ค่าความเป็นด่าง	พีเอช
ก่อนทำจาร์เทส	1 ถึง 3	-	269	31.5	54	7.13
การทำจาร์เทสและผลวิเคราะห์ที่ได้	1	20	264	30.0	54	7.90
	2	60	264	28.0	48	7.09
	3	100	265	28.0	50	7.01

หมายเหตุ หน่วยของความเข้มข้นแต่ละลักษณะทางเคมีเหมือนตารางที่ 5.5

ในการทดลองครั้งที่ 11 ได้ทำการทดลองอีก 3 จาร์เหมือนการทดลองครั้งที่ 9 ทว่าก่อนทำการทดลองได้ลดอุณหภูมิของน้ำเสียสังเคราะห์ให้ลดลงเหลือ 5 °เซลเซียส และควบคุมอุณหภูมิคงไว้ตลอดการทดลอง พบว่ามีการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียม อนุมูลฟอสเฟต และค่าความเป็นด่างน้อยมากเช่นเดิม ดังแสดงในตารางที่ 5.16 โดยมีร้อยละของการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียมเป็น 7.8, 3.9 และ 2.3 ตามลำดับ ส่วนร้อยละของการกำจัดอนุมูลฟอสเฟตเป็นศูนย์ในทุกจาร์

ในการทดลองครั้งที่ 12 ได้ทำการทดลองอีก 3 จาร์เหมือนการทดลองครั้งที่ 11 แต่ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ไม่มีค่าความเป็นด่าง ได้ผลการทดลองเช่นเดิม ดังแสดงในตารางที่ 5.17 โดยมีร้อยละของการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียมเป็น 3.9, 2.5 และ 6.2 ตามลำดับ ส่วนร้อยละของการกำจัดอนุมูลฟอสเฟตเป็น 7.2, 4.3 และ 7.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.16 สรุปการทดลองครั้งที่ 11
สัญญลักษณ์ MCL: แมกนีเซียมคลอไรด์

ขั้นตอน	จาร์ที่	ผง MCL (มก./ล.- คิดในรูป Mg)	ลักษณะทางเคมี			
			แอมโมเนียไนโตรเจน	ฟอสเฟต	ค่าความเป็นด่าง	พีเอช
ก่อนทำจาร์เทส	1 ถึง 3	-	258	31.5	1416	7.89
การทำจาร์เทสและผลวิเคราะห์ที่ได้	1	20	238	31.5	1280	8.20
	2	60	248	31.5	1288	8.15
	3	100	252	31.5	1240	8.17

หมายเหตุ หน่วยของความเข้มข้นแต่ละลักษณะทางเคมีเหมือนตารางที่ 5.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.17 สรุปการทดลองครั้งที่ 12
สัญญลักษณ์ MCL: แมกนีเซียมคลอไรด์

ขั้นตอน	จาร์ที่	ผง MCL (มก./ล.- คิดในรูป Mg)	ลักษณะทางเคมี			
			แอมโมเนียไนโตรเจน	ฟอสเฟต	ค่าความเป็นด่าง	พีเอช
ก่อนทำจาร์เทส	1 ถึง 3	-	276	34.5	50	7.08
การทำจาร์เทสและผลวิเคราะห์ที่ได้	1	20	265	32.0	34	7.23
	2	60	269	33.0	50	7.18
	3	100	259	32.0	48	7.17

หมายเหตุ หน่วยของความเข้มข้นแต่ละลักษณะทางเคมีเหมือนตารางที่ 5.5

ในการทดลองครั้งที่ 13 ได้ทำการทดลองอีก 3 จาร์ โดยใช้น้ำเสียจริงได้จากน้ำส่วนบน ของถังหมักแบบไร้ออกซิเจน โรงกำจัดน้ำเสียห้วยขวาง การเคหะแห่งชาติ และเติมแมกนีเซียมคลอไรด์ในรูปผง ให้มีปริมาณแมกนีเซียมอิออนเป็น 20, 60 และ 100 มก./ล.ตามลำดับ น้ำเสียจริงที่ใช้ในการทดลองมีตะกอนแขวนลอยอยู่ก่อนการทดลอง ผลการทดลองพบว่าเมื่อปล่อยตะกอนสีดำตกตะกอนโดยทิ้งไว้ 30 นาที นำน้ำส่วนบนมาวิเคราะห์พบว่ามีการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียม อนุมูลฟอสเฟต และค่าความเป็นด่างน้อยมาก ดังแสดงในตารางที่ 5.18 โดยมีร้อยละของการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียมเป็น 2.3, 4.0 และ 2.7 ตามลำดับ ส่วนร้อยละของการกำจัดอนุมูลฟอสเฟตเป็น 32.5, 26.5 และ 39.7 ตามลำดับ

ในการทดลองครั้งที่ 14 ได้ทำการทดลองอีก 3 จาร์เหมือนการทดลองครั้งที่ 13 แต่นำน้ำเสียจริงกรองผ่านกระดาษกรอง GF/C ขนาด 0.45 ไมครอน ก่อนนำมาใช้ในการทดลอง พบว่าไม่มีตะกอนของแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟตเกิดขึ้น และมีการกำจัดอนุมูล

แอมโมเนียม อนุมูลฟอสเฟต และค่าความเป็นด่างน้อยมาก ดังแสดงในตารางที่ 5.19 โดยมีร้อยละของการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียมเป็น 2.7, 3.4 และ 2.7 ตามลำดับ ส่วนร้อยละของการกำจัดอนุมูลฟอสเฟตเป็น 21.4, 15.7 และ 34.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.18 สรุปการทดลองครั้งที่ 13
สัญญลักษณ์ MCL: แมกนีเซียมคลอไรด์

ขั้นตอน	จาร์ที่	ผง MCL (มก./ล.- คิดในรูป Mg)	ลักษณะทางเคมี			
			แอมโมเนียไนโตรเจน	ฟอสเฟต	ค่าความเป็นด่าง	พีเอช
ก่อนทำจาร์เทส	1 ถึง 3	-	300	166	1392	7.55
การทำจาร์เทสและผลวิเคราะห์ที่ได้	1	20	293	112	1336	7.70
	2	60	288	122	1336	7.70
	3	100	292	100	1300	7.67

หมายเหตุ หน่วยของความเข้มข้นแต่ละลักษณะทางเคมีเหมือนตารางที่ 5.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.19 สรุปการทดลองครั้งที่ 14
สัญญลักษณ์ MCL: แมกนีเซียมคลอไรด์

ขั้นตอน	จาร์ที่	ผง MCL (มก./ล.- คิดในรูป Mg)	ลักษณะทางเคมี			
			แอมโมเนียไนโตรเจน	ฟอสเฟต	ค่าความเป็นด่าง	พีเอช
ก่อนทำจาร์เทส	1 ถึง 3	-	295	140	1376	7.78
การทำจาร์เทสและผลวิเคราะห์ที่ได้	1	20	287	110	1348	7.78
	2	60	285	110	1328	7.76
	3	100	287	92	1324	7.75

หมายเหตุ หน่วยของความเข้มข้นแต่ละลักษณะทางเคมีเหมือนตารางที่ 5.5

ในการทดลองครั้งที่ 15 ได้ทำการทดลองอีก 3 จาร์เหมือนการทดลองครั้งที่ 14 แต่เติมแมกนีเซียมคลอไรด์ในรูปสารละลาย โดยมีปริมาณแมกนีเซียมอิออนเป็น 20, 60 และ 100 มก./ล.ตามลำดับ น้ำเสียจริงที่ใช้ในการทดลองมีตะกอนแขวนลอยอยู่ก่อนการทดลอง ผลการทดลองพบว่าเมื่อปล่อยตะกอนสีดำตกตะกอนโดยทิ้งไว้ 30 นาที นำน้ำส่วนบนมาวิเคราะห์ พบว่ามีการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียม อนุมูลฟอสเฟต และค่าความเป็นด่างน้อยมาก ดังแสดงในตารางที่ 5.20 โดยมีร้อยละของการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียมเป็น 0, 2.0 และ 3.8 ตามลำดับ ส่วนร้อยละของการกำจัดอนุมูลฟอสเฟตเป็น 30.4, 18.9 และ 11.5 ตามลำดับ

ในการทดลองครั้งที่ 16 ได้ทำการทดลองอีก 3 จาร์เหมือนการทดลองครั้งที่ 14 แต่เติมแมกนีเซียมมคลอไรด์ในรูปสารละลาย โดยมีปริมาณแมกนีเซียมอิออนเป็น 20, 60 และ 100 มก./ล.ตามลำดับพบว่า ไม่มีตะกอนของแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟตเกิดขึ้น และมีการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียม อนุมูลฟอสเฟต และค่าความเป็นด่างน้อยมากเช่นเดิม ดังแสดงใน

ตารางที่ 5.21 โดยมีร้อยละของการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียมเป็น 2.5, 3.8 และ 2.5 ตามลำดับ ส่วนร้อยละของการกำจัดอนุมูลฟอสเฟตเป็น 44.9, 35.9 และ 39.7 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.20 สรุปการทดลองครั้งที่ 15
สัญญลักษณ์ MCL: แมกนีเซียมคลอไรด์

ขั้นตอน	จาร์ที่	ผง MCL (มก./ล.- คิดในรูป Mg)	ลักษณะทางเคมี			
			แอมโมเนียไนโตรเจน	ฟอสเฟต	ค่าความเป็นด่าง	พีเอช
ก่อนทำจาร์เทส	1 ถึง 3	-	289	148	1388	7.40
การทำจาร์เทสและผลวิเคราะห์ที่ได้	1	20	289	103	1376	7.55
	2	60	283	120	1324	7.51
	3	100	278	131	1304	7.51

หมายเหตุ หน่วยของความเข้มข้นแต่ละลักษณะทางเคมีเหมือนตารางที่ 5.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.21 สรุปการทดลองครั้งที่ 16
สัญญลักษณ์ MCL: แมกนีเซียมคลอไรด์

ขั้นตอน	จาร์ที่	ผง MCL (มก./ล.- คิดในรูป Mg)	ลักษณะทางเคมี			
			แอมโมเนียไนโตรเจน	ฟอสเฟต	ค่าความเป็นด่าง	พีเอช
ก่อนทำจาร์เทส	1 ถึง 3	-	284	189	1388	7.58
การทำจาร์เทสและผลวิเคราะห์ที่ได้	1	20	277	104	1348	7.62
	2	60	273	121	1320	7.66
	3	100	277	114	1312	7.61

หมายเหตุ หน่วยของความเข้มข้นแต่ละลักษณะทางเคมีเหมือนตารางที่ 5.5

ในการทดลองครั้งที่ 17 ได้ทำการทดลองอีก 3 จาร์เหมือนการทดลองครั้งที่ 15 แต่ตัวอย่างน้ำหลังการทดลองนำมากรองผ่านกระดาษกรอง GF/C ขนาด 0.45 ไมครอน ก่อนนำไปวิเคราะห์ลักษณะทางเคมี พบว่ามีการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียม อนุมูลฟอสเฟต และค่าความเป็นด่างน้อยมาก ดังแสดงในตารางที่ 5.22 โดยมีร้อยละของการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียมเป็น 0.7, 5.5 และ 3.6 ตามลำดับ ส่วนร้อยละของการกำจัดอนุมูลฟอสเฟตเป็น 14.1, 38.5 และ 47.4 ตามลำดับ

การทดลองครั้งที่ 18 ได้ทำการทดลอง 3 จาร์ โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์เตรียมให้มีปริมาณอนุมูลแอมโมเนียม และอนุมูลฟอสเฟตเป็น 3000 และ 300 มก./ล.คิดในรูปไนโตรเจนและฟอสฟอรัสตามลำดับและเติมแมกนีเซียมคลอไรด์ในรูปผง โดยมีปริมาณแมกนีเซียมอิออนเป็น 20, 60 และ 100 มก./ล.ตามลำดับ พบว่ามีตะกอนลักษณะเกล็ดสีขาวเกิดขึ้น และจากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำหลังการทดลองทั้งในลักษณะกรองและไม่กรองก่อนการวิเคราะห์

ตารางที่ 5.23 สรุปการทดลองครั้งที่ 18
สัญญลักษณ์ MCL: แมกนีเซียมคลอไรด์

ขั้นตอน	จาร์ที่	ผง MCL (มก./ล.- คิดในรูป Mg)	ลักษณะทางเคมี			
			แอมโมเนียไนโตรเจน	ฟอสเฟต	ค่าความเป็นด่าง	พีเอช
ก่อนทำจาร์เทส	1 ถึง 3	-	17976	3600	6000	7.10
การทำจาร์เทสและผลวิเคราะห์ที่ได้	1	20 R	17752	3600	6000	7.01
		F	17248	2800	4800	6.93
	2	60 R	16800	3300	6400	7.00
		F	16464	2700	5200	6.91
	3	100 R	16352	2900	5600	6.92
		F	16296	2600	4400	6.88

หมายเหตุ หน่วยของความเข้มข้นแต่ละลักษณะทางเคมีเหมือนตารางที่ 5.5

วิธีการทดลองในหัวข้อนี้ ได้ประยุกต์จากการทดลองที่ 22 เรื่องการหาปริมาณของฟอสเฟตโดยวิธีติเตรตกับอีดีทีเอ ในหนังสือคู่มือปฏิบัติการเคมีปริมาณวิเคราะห์(14)

ในการทดลองครั้งที่ 19 ได้ทำการทดลอง 1 จาร์ตามขั้นตอนการทดลองที่ได้แสดงไว้ ในภาคผนวก ผ 4 ในการเตรียมสารละลายแมกนีเซียมิกเจอร์ปรับพีเอชด้วยสารละลายแอมโมเนียเข้มข้นจำนวน 10 มล. ได้พีเอชของสารละลายเป็น 9 และปรับอุณหภูมิของสารละลายให้ลดลงเป็น 7 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่า เกิดตะกอนชุ่นสีขาวของแมกนีเซียมแอมโม-
-เนียมฟอสเฟต แขวนลอยอยู่ในสารละลาย และผลวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 5.24

ตารางที่ 5.24 สรุปการทดลองครั้งที่ 19

สัญญลักษณ์: PS: สารละลายฟอสเฟต MMS: สารละลายแมกนีเซียมิกเจอร์
C: ค่าจากการคำนวณ A: ค่าจากการวิเคราะห์
R: ตัวอย่างน้ำที่ไม่กรอง F: ตัวอย่างน้ำที่กรอง

ขั้นตอน	สารละลาย		ลักษณะทางเคมี			
			แมกนีเซียม	แอมโมเนียไนโตรเจน	ฟอสเฟต	พีเอช
ก่อนการทดลอง	PS	C	-	159.5	176.6	-
		A	-	-	202.9	-
	MMS	C	798	45230	-	-
		A	-	43660	-	-
หลังการทดลอง	-	R	-	5495	17.0	8.53
	-	F	-	3483	11.5	8.63

หมายเหตุ หน่วยของความเข้มข้นแต่ละลักษณะทางเคมีเหมือนตารางที่ 5.5
และหน่วยความเข้มข้นของแมกนีเซียม: มก./ล. (คิดในรูปแมกนีเซียม)

ในการทดลองพบว่า ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนลดลงไปจากก่อนการทดลอง คือ 43.66 กรัมต่อลิตร (คิดในรูปไนโตรเจน) และหลังการทดลองปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในตัวอย่างน้ำใสส่วนบนของสารละลายในการทดลองเป็น 0.5495 กรัมต่อลิตร และปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในตัวอย่างน้ำใสส่วนบนของสารละลายในการทดลองที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง GF/C ขนาด 0.45 ไมครอนเป็น 0.3483 กรัมต่อลิตร (คิดในรูปไนโตรเจน)

สำหรับปริมาณฟอสเฟตลดลงไปจากก่อนการทดลอง ซึ่งปริมาณที่วิเคราะห์ได้เป็น 0.2029 กรัมต่อลิตร (คิดในรูปฟอสฟอรัส) หลังการทดลองปริมาณฟอสเฟตในตัวอย่างน้ำใสส่วนบนเป็น 0.017 กรัมต่อลิตร (คิดในรูปฟอสฟอรัส) และปริมาณฟอสเฟตในตัวอย่างน้ำใส

ส่วนบนที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง GF/C ขนาด ๐.45 ไมครอนเป็น ๐.๐115 กรัมต่อลิตร (คิดในรูปฟอสฟอรัส)

ปริมาณแมกนีเซียมคลอไรด์ที่ใช้คือ ๐.798 กรัมต่อลิตร(คิดในรูปแมกนีเซียม) โดยมีร้อยละของการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียและอนุมูลฟอสเฟตเป็น 93.5 และ 91.6 ตามลำดับ ในตัวอย่างน้ำที่ไม่กรองและ 95.5 และ 94.3 ตามลำดับในตัวอย่างน้ำที่กรอง ทั้งนี้การคำนวณได้รวมปริมาณอนุมูลแอมโมเนียที่ใช้ปรับพีเอช ซึ่งเท่ากับ 40486.5 มก./ล.(คิดในรูปไนโตรเจน) ไว้ในปริมาณอนุมูลแอมโมเนียก่อนการทดลองด้วย แต่ถ้าคำนวณเฉพาะอนุมูลแอมโมเนียในน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองประสิทธิภาพการกำจัดที่ได้จะมีค่าติดลบ กล่าวคืออนุมูลแอมโมเนียภายหลังการทดลองมีค่ามากกว่าอนุมูลแอมโมเนียในน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองเสียอีก

ในการทดลองครั้งที่ ๒๐ ได้ทำการทดลอง 3 จาร์ เหมือนการทดลองครั้งที่ 19 แต่ในการเตรียมสารละลายแมกนีเซียมิกเจอร์นั้น เมื่อเตรียมเสร็จแล้วนำมาใช้ในการทดลองทันทีเลยไม่ต้องทิ้งไว้ค้างคืน และใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการปรับพีเอชของสารละลายให้เป็นด่างทุกขั้นตอน โดยใช้ปริมาณฟอสเฟตเป็น 151.2, 44.6 และ 12.4 มก./ล.(คิดในรูปฟอสฟอรัส)ตามลำดับ ในการทดลองพบว่าได้ใช้ปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์(ความเข้มข้น 6 นอร์มอล) ที่ใช้ปรับพีเอช และอุณหภูมิของสารละลายขณะที่ปรับพีเอชของแต่ละจาร์เป็น ดังนี้

จาร์ 1 ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6.5 มล. ; อุณหภูมิ 6.5 °เซลเซียส
จาร์ 2 ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ ๑๐ มล. ; อุณหภูมิ 5.5 °เซลเซียส
จาร์ 3 ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 11 มล. ; อุณหภูมิ 5.๐ °เซลเซียส

ผลการทดลองพบว่า เกิดตะกอนสีขาวของแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟต และผลวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 5.25 ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

ในจาร์ที่ 1 ก่อนการทดลองมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและปริมาณฟอสเฟตเป็น 2๙๐5 และ 151.2 มก./ล.คิดในรูปไนโตรเจนและฟอสฟอรัสตามลำดับ ปริมาณแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ใช้คือ 720 มก./ล.(คิดในรูปแมกนีเซียม) หลังการตกตะกอนทางเคมี ในน้ำใสส่วนบน(โดยทิ้งให้ตกตะกอน 1 ชั่วโมง)มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและปริมาณฟอสเฟตเป็น 1๐67 และ 17 มก./ล.คิดในรูปไนโตรเจนและฟอสฟอรัสตามลำดับ

ในน้ำใสส่วนบนที่กรองมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและปริมาณฟอสเฟตเป็น 787 และ 8 มก./ล.คิดในรูปไนโตรเจนและฟอสฟอรัสตามลำดับ

ตารางที่ 5.25 สรุปการทดลองครั้งที่ 20

ขั้นตอน	สารละลาย /จาร์ที่	ลักษณะทางเคมี			
		แมกนีเซียม	แอมโมเนีย ไนโตรเจน	ฟอสเฟต	พีเอช
ก่อนการทดลอง	PS/จาร์ 1 C	-	144	152.9	-
	A	-	-	151.2	-
	PS/จาร์ 2 C	-	61	67.6	-
	A	-	-	44.6	-
	PS/จาร์ 3 C	-	12	13.4	-
	A	-	-	12.4	-
	MMS/จาร์ 1 C	720	3191.8	-	-
	A	-	2761.0	-	-
	MMS/จาร์ 2 C	798	3536.9	-	-
	A	-	3059.0	-	-
	MMS/จาร์ 3 C	793	3517.9	-	-
	A	-	3043.0	-	-
หลังการทดลอง	จาร์ 1 R	-	1067	17.0	9.52
	F	-	787	8.0	9.33

หมายเหตุ สัญญลักษณ์และหน่วยของความเข้มข้นแต่ละลักษณะทางเคมีเหมือนตารางที่ 5.24

(มีต่อ)

ตารางที่ 5.25(ต่อ) สรุปการทดลองครั้งที่ 20

ขั้นตอน	สารละลาย /จาร์ที่	ลักษณะทางเคมี			
		แมกนีเซียม	แอมโมเนีย ไนโตรเจน	ฟอสเฟต	พีเอช
หลังการทดลอง	จาร์ 2 R	-	1016	39.5	7.50
	F	-	902	12.5	7.35
	จาร์ 3 R	-	1231	45.0*	8.72
	F	-	1216	11.0	8.54

หมายเหตุ สัญญลักษณ์และหน่วยของความเข้มข้นแต่ละลักษณะทางเคมีเหมือนตารางที่ 5.24

* ผิดพลาดเนื่องจากความขุ่น

ในจาร์ที่ 2 ก่อนการทดลองมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและปริมาณฟอสเฟตเป็น 3120 และ 44.6 มก./ล.คิดในรูปไนโตรเจนและฟอสฟอรัสตามลำดับ ปริมาณแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ใช้คือ 798 มก./ล.(คิดในรูปแมกนีเซียม) หลังการตกตะกอนทางเคมี ในน้ำใสส่วนบน (โดยทิ้งให้ตกตะกอน 1 ชั่วโมง)มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและปริมาณฟอสเฟตเป็น 1016 และ 39.5 มก./ล.คิดในรูปไนโตรเจนและฟอสฟอรัสตามลำดับ

ในน้ำใสส่วนบนที่กรองมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและปริมาณฟอสเฟต เป็น 902 และ 12.5 มก./ล.คิดในรูปไนโตรเจนและฟอสฟอรัสตามลำดับ

ในจาร์ที่ 3 ก่อนการทดลองมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและปริมาณฟอสเฟตเป็น 3055 และ 12.4 มก./ล.คิดในรูปไนโตรเจนและฟอสฟอรัสตามลำดับ ปริมาณแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ใช้คือ 793 มก./ล.(คิดในรูปแมกนีเซียม) หลังการตกตะกอนทางเคมีในน้ำใสส่วนบน (โดยทิ้งให้ตกตะกอน 1 ชั่วโมง)มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและปริมาณฟอสเฟตเป็น 1231 และ 45(ผิดพลาดจากความขุ่น) มก./ล.คิดในรูปไนโตรเจนและฟอสฟอรัสตามลำดับ

ในน้ำใสส่วนบนที่กรองมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและปริมาณฟอสเฟต เป็น 1216 และ 11 มก./ล.คิดในรูปไนโตรเจนและฟอสฟอรัสตามลำดับ

สำหรับร้อยละของปริมาณอนุมูลแอมโมเนียและอนุมูลฟอสเฟตที่ลดลงในทดลอง แสดงไว้ในตารางที่ 5.26 เห็นได้ว่ามีการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียได้ร้อยละ 63.6, 67.4 และ 59.7 ตามลำดับสำหรับตัวอย่างน้ำที่ไม่กรอง และร้อยละ 72.9, 71.1 และ 60.2 สำหรับตัวอย่างน้ำที่กรอง ทั้งนี้ร้อยละของการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียคำนวณรวมปริมาณอนุมูลแอมโมเนียจากสารละลายแมกนีเซียมิกเจอร์และจากสารละลายฟอสเฟต ส่วนการกำจัดอนุมูลฟอสเฟตเป็นร้อยละ 61.3 และ 66.8 ในจาร์ที่ 1 และ 2 (ในจาร์ที่ 3 ผิดพลาดเนื่องจากความขุ่นรบกวน) สำหรับตัวอย่างน้ำที่ไม่กรอง และร้อยละ 71.5, 70.5 และ 60.6 ตามลำดับสำหรับตัวอย่างน้ำที่กรอง

ตารางที่ 5.26 ร้อยละของปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและปริมาณฟอสเฟตที่ลดลงในการทดลองที่ 20

จาร์ที่		ร้อยละแอมโมเนียไนโตรเจนที่ลดลง		ร้อยละฟอสเฟตที่ลดลง
		รวม NH_4^+ ใน PS	ไม่รวม NH_4^+ ใน PS	
1	R	63.3	61.3	88.8
	F	72.9	71.5	94.7
2	R	67.4	66.8	11.4
	F	71.1	70.5	71.9
3	R	59.7	59.5	*
	F	60.2	60.0	11.3

หมายเหตุ สัญญลักษณ์เหมือนตารางที่ 5.25

* ผิดพลาดเนื่องจากความขุ่น

ในการทดลองครั้งที่ 21 ได้ทำการทดลองอีก 4 จาร์เหมือนการทดลองครั้งที่ 20 แต่เปลี่ยนแปลงปริมาณสารที่ใช้ในการทดลองแต่ละจาร์ ผลการทดลองพบว่าเกิดตะกอนสีขาวของแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟตเช่นกัน ดังแสดงผลวิเคราะห์ในตารางที่ 5.27 ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

ในจาร์ที่ 1 ก่อนการทดลองมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและปริมาณฟอสเฟตเป็น 3216 และ 35.0 มก./ล.คิดในรูปไนโตรเจนและฟอสฟอรัสตามลำดับ ปริมาณแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ใช้คือ 797.6 มก./ล.(คิดในรูปแมกนีเซียม) หลังการตกตะกอนทางเคมี ในน้ำใสส่วนบน(โดยทิ้งให้ตกตะกอน 1 ชั่วโมง)มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและปริมาณฟอสเฟตเป็น 3084 และ 22.5 มก./ล.คิดในรูปไนโตรเจนและฟอสฟอรัสตามลำดับ

ในน้ำใสส่วนบนที่กรองมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและปริมาณฟอสเฟตเป็น 2338 และ 4.5 มก./ล.คิดในรูปไนโตรเจนและฟอสฟอรัสตามลำดับ

ในจาร์ที่ 2 ก่อนการทดลองมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและปริมาณฟอสเฟตเป็น 288 และ 36.3 มก./ล.คิดในรูปไนโตรเจนและฟอสฟอรัสตามลำดับ ปริมาณแอมโม-
-เนียมคลอไรด์ที่ใช้คือ 490.2 มก./ล.(คิดในรูปแมกนีเซียม) หลังการตกตะกอนทางเคมี ในน้ำใสส่วนบน(โดยทิ้งให้ตกตะกอน 1 ชั่วโมง)มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและปริมาณฟอสเฟตเป็น 236 และ 25 มก./ล.คิดในรูปไนโตรเจนและฟอสฟอรัสตามลำดับ

ในน้ำใสส่วนบนที่กรองมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและปริมาณฟอสเฟต เป็น 226 และ 17.5 มก./ล.คิดในรูปไนโตรเจนและฟอสฟอรัสตามลำดับ

ในจาร์ที่ 3 ก่อนการทดลองมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและปริมาณฟอสเฟตเป็น 274 และ 36.1 มก./ล.คิดในรูปไนโตรเจนและฟอสฟอรัสตามลำดับ ปริมาณแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ใช้คือ 94.5 มก./ล.(คิดในรูปแมกนีเซียม) หลังการตกตะกอนทางเคมีในน้ำใสส่วนบน(โดยทิ้งให้ตกตะกอน 1 ชั่วโมง)มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและปริมาณฟอสเฟตเป็น 112 และ 23.0 มก./ล.คิดในรูปไนโตรเจนและฟอสฟอรัสตามลำดับ

ในน้ำใสส่วนบนที่กรองมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและปริมาณฟอสเฟต เป็น 90 และ 19.0 มก./ล.คิดในรูปไนโตรเจนและฟอสฟอรัสตามลำดับ

ตารางที่ 5.27 สรุปการทดลองครั้งที่ 21

ขั้นตอน	สารละลาย /จาร์ที่	ลักษณะทางเคมี			
		แมกนีเซียม	แอมโมเนีย ไนโตรเจน	ฟอสเฟต	พีเอช
ก่อนการทดลอง	PS/จาร์ 1 C	-	25.6	28.4	-
	A	-	21.3	35.0	-
	PS/จาร์ 2 C	-	26.6	29.4	-
	A	-	22.1	36.3	-
	PS/จาร์ 3 C	-	26.4	29.2	-
	A	-	21.9	36.1	-
	PS/จาร์ 4 C	-	26.5	29.2	-
	A	-	22.0	36.1	-
	MMS/จาร์ 1 C	797.6	3536.9	-	-
	A	-	3194.6	-	-
	MMS/จาร์ 2 C	490.2	294.1	-	-
	A	-	265.7	-	-
	MMS/จาร์ 3 C	94.5	292.4	-	-
	A	-	252.4	-	-

หมายเหตุ สัญญลักษณ์และหน่วยของความเข้มข้นแต่ละลักษณะทางเคมีเหมือนตารางที่ 5.24 (มีต่อ)

ตารางที่ 5.27(ต่อ) สรุปการทดลองครั้งที่ 21

ขั้นตอน	สารละลาย /จาร์ที่		ลักษณะทางเคมี			
			แมกนีเซียม	แอมโมเนีย ไนโตรเจน	ฟอสเฟต	พีเอช
ก่อนการทดลอง	MMS/จาร์ 4	C	48.8	293.0	-	-
		A	-	288.2	-	-
หลังการทดลอง	จาร์ 1	R	-	3084	22.5	7.78
		F	-	2338	4.5	7.56
	จาร์ 2	R	-	236	25.0	8.08
		F	-	226	17.5	7.83
	จาร์ 3	R	-	112	23.0	11.27
		F	-	90	19.0	11.04
	จาร์ 4	R	-	127	32.0	10.70
		F	-	119	29.0	10.32

หมายเหตุ สัญญลักษณ์และหน่วยของความเข้มข้นแต่ละลักษณะทางเคมีเหมือนตารางที่ 5.24

ในจาร์ที่ 4 ก่อนการทดลองมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและปริมาณฟอสเฟตเป็น 310 และ 36.1 มก./ล.คิดในรูปไนโตรเจนและฟอสฟอรัสตามลำดับ ปริมาณแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ใช้คือ 50 มก./ล.(คิดในรูปแมกนีเซียม) หลังการตกตะกอนทางเคมีในน้ำใสส่วนบน(โดยทิ้งให้ตกตะกอน 1 ชั่วโมง)มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและปริมาณฟอสเฟตเป็น 127 และ 32.0 มก./ล.คิดในรูปไนโตรเจนและฟอสฟอรัสตามลำดับ

ในน้ำใสส่วนบนที่กรองมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและปริมาณฟอสเฟต เป็น 119 และ 29.0 มก./ล.คิดในรูปไนโตรเจนและฟอสฟอรัสตามลำดับ

จากการทดลองพบว่า หลังจากปรับพีเอช ในจาร์ที่ 1 เกิดตะกอนขุ่นสีขาวของแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟตทันที ส่วนในจาร์ที่ 2 ถึง 4 เกิดตะกอนขุ่นสีขาวของแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟต หลังจากการปรับพีเอชแล้ว 2-3 นาที ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ความเข้มข้น 6 นอร์มอล) ที่ใช้ปรับพีเอชและอุณหภูมิของสารละลายขณะปรับพีเอช ของแต่ละจาร์เป็นดังนี้

จาร์ 1 ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 มล. ; อุณหภูมิ 7.5 °เซลเซียส
จาร์ 2 ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 มล. ; อุณหภูมิ 10.5 °เซลเซียส
จาร์ 3 ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 13 มล. ; อุณหภูมิ 8.0 °เซลเซียส
จาร์ 4 ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 12 มล. ; อุณหภูมิ 8.0 °เซลเซียส

สำหรับร้อยละของปริมาณอนุมูลแอมโมเนียและอนุมูลฟอสเฟตที่ลดลงในการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 5.28 เห็นได้ว่ามีการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียได้ร้อยละ 4.1, 17.9, 59.2 และ 59.0 ตามลำดับสำหรับตัวอย่างน้ำที่ไม่กรอง และร้อยละ 27.3, 21.5, 67.2 และ 61.6 สำหรับตัวอย่างน้ำที่กรอง ทั้งนี้ร้อยละของการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียคำนวณรวมปริมาณอนุมูลแอมโมเนียจากสารละลายแมกนีเซียมิกเจอร์และจากสารละลายฟอสเฟต ส่วนการกำจัดอนุมูลฟอสเฟตเป็นร้อยละ 35.7, 31.1, 36.2 และ 11.4 สำหรับตัวอย่างน้ำที่ไม่กรอง และร้อยละ 87.1, 51.8, 47.3 และ 19.7 ตามลำดับสำหรับตัวอย่างน้ำที่กรอง

ในการทดลองครั้งที่ 22 ได้ทำการทดลองอีก 3 จาร์ เหมือนการทดลองครั้งที่ 20 แต่ในการเตรียมสารละลายแมกนีเซียมิกเจอร์ ได้เติมสารละลายฟอสเฟตลงไปพร้อมกันเลย โดยมีปริมาณแมกนีเซียมคลอไรด์ ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน และปริมาณฟอสเฟต ก่อนการทดลองเป็น 50, 300 และ 30 มก./ล.คิดในรูปแมกนีเซียม, ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าไม่มีการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียมและอนุมูลฟอสเฟต ดังแสดงในตารางที่ 5.29

ในการทดลองครั้งที่ 23 ได้ทำการทดลองอีก 3 จาร์เหมือนการทดลองครั้งที่ 20 แต่ในการเตรียมสารละลายแมกนีเซียมิกเจอร์ใช้เฉพาะแมกนีเซียมคลอไรด์ แล้วนำมาทำ

ตารางที่ 5.28 ร้อยละของปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและปริมาณฟอสเฟตที่ลดลง ในการทดลองที่ 21

จาร์ที่		ร้อยละแอมโมเนียไนโตรเจนที่ลดลง		ร้อยละฟอสเฟตที่ลดลง
		รวม NH_4^+ ใน PS	ไม่รวม NH_4^+ ใน PS	
1	R	4.1	3.5	35.7
	F	27.3	26.8	87.1
2	R	17.9	11.2	31.1
	F	21.5	14.9	51.8
3	R	59.2	61.7	36.2
	F	67.2	69.2	47.3
4	R	59.0	55.9	11.4
	F	61.6	58.7	19.7

หมายเหตุ สัญญลักษณ์เหมือนตารางที่ 5.25

* ผิดพลาดเนื่องจากความขุ่น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.29 สรุปการทดลองครั้งที่ 22

ขั้นตอน	จาร์ที่	ลักษณะทางเคมี			
		แมกนีเซียม	แอมโมเนียไนโตรเจน	ฟอสเฟต	พีเอช
ก่อนการทดลอง	จาร์ 1 ถึง 3 C	50	300	30	-
	A	-	270	30	-
หลังการทดลอง	จาร์ 1	-	262	30	6.4
	จาร์ 2	-	266	30	6.6
	จาร์ 3	-	270	30	7.0

หมายเหตุ สัญญลักษณ์และหน่วยของความเข้มข้นแต่ละลักษณะทางเคมีเหมือนตารางที่ 5.24

ปฏิกิริยากับน้ำเสียสังเคราะห์ไม่มีค่าความเป็นด่าง โดยใช้ปริมาณสารละลายแมกนีเซียมิกเจอร์เป็น 500, 100 และ 50 มก./ล.คิดในรูปแมกนีเซียมตามลำดับ ผลการทดลองพบว่ามีตะกอนแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟตเกิดขึ้นในจาร์ที่ 1 หลังจากปรับพีเอชแล้ว 5 นาที ส่วนในจาร์ที่ 2 และ 3 ไม่เกิดตะกอน ผลวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 5.30 โดยมีร้อยละของการกำจัดอนุมูลแอมโมเนียมเป็น 7.3, 4.4 และ 5.1 ตามลำดับสำหรับตัวอย่างน้ำที่ไม่กรองและร้อยละ 10.9, 8.4 และ 6.6 ตามลำดับสำหรับตัวอย่างน้ำที่กรอง ส่วนร้อยละของการกำจัดอนุมูลฟอสเฟตเป็น 54.3, 11.4 และ 2.8 ตามลำดับสำหรับตัวอย่างน้ำที่ไม่กรองและร้อยละ 72.8, 24.3 และ 12.8 ตามลำดับสำหรับตัวอย่างน้ำที่กรอง

ตารางที่ 5.30 สรุปการทดลองครั้งที่ 23

ขั้นตอน	จาร์ที่		ลักษณะทางเคมี			
			แมกนีเซียม*	แอมโมเนีย ไนโตรเจน	ฟอสเฟต	พีเอช
ก่อนการทดลอง	จาร์ 1	C	500	300	30	-
		A	-	274	35	-
	จาร์ 2	C	100	300	30	-
		A	-	274	35	-
	จาร์ 3	C	50	300	30	-
		A	-	274	35	-
หลังการทดลอง	จาร์ 1	R	-	254	16.0	7.20
		F	-	244	9.5	7.12
	จาร์ 2	R	-	262	31.0	7.88
		F	-	251	26.5	7.88
	จาร์ 3	R	-	260	34.0	6.70
		F	-	256	30.5	6.70

หมายเหตุ สัญญลักษณ์และหน่วยของความเข้มข้นแต่ละลักษณะทางเคมีเหมือนตารางที่ 5.24

* แมกนีเซียมจากสารละลายแมกนีเซียมิกเจอร์ซึ่งเตรียมจากแมกนีเซียมคลอไรด์เพียงสารเดียว