

การเพิ่มประสิทธิภาพของสถานตากสด็จ โดยการแยกน้ำส่วนบนออกก่อน

นาย เอกพจน์ เหลืองเอกทิน



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

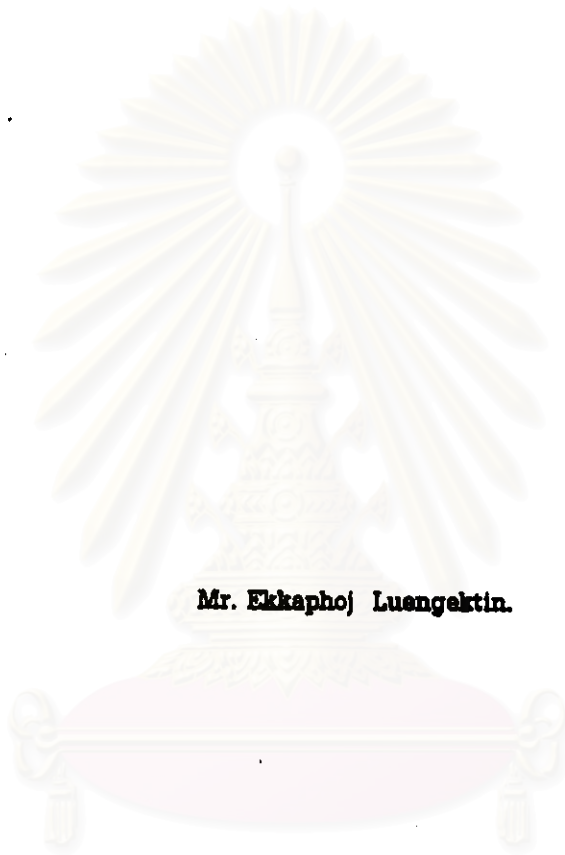
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-638-594-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ENHANCEMENT OF THE EFFICIENCY OF SLUDGE DRYING BEDS  
BY PREDECANTATION OF THE SUPERNATANT**



**Mr. Ekkaphoj Luengektin.**

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering in Environmental Engineering**

**Department of Environmental Engineering**

**Graduate School**

**Chulalongkorn University**


**Academic Year 1997**

**ISBN 974-638-594-1**

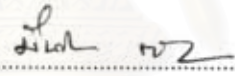
หัวข้อวิทยานิพนธ์      การเพิ่มประสิทธิภาพของลานตากสัลดัจ์ โดยการแยกน้ำส่วนบนออกก่อน  
โดย                              นาย เอกพจน์ เหลืองเอกหิน  
ภาควิชา                        วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม  
อาจารย์ที่ปรึกษา        ศาสตราจารย์ ดร. ชงชัย พรรณสวัสดิ์

---

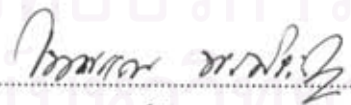
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการ  
ศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต.


  
..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
( ศาสตราจารย์ นายแพทย์ สุภาวัฒน์ ชูติวงศ์ )

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
( รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตันตุลเวศม์ )

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
( ศาสตราจารย์ ดร. ชงชัย พรรณสวัสดิ์ )

  
..... กรรมการ  
( รองศาสตราจารย์ ไพพรรณ พรประภา )

  
..... กรรมการ  
( อาจารย์ ธนินารถน์ เสงตระกุล )

เอกพจน์ เหลืองเอกทิน : การเพิ่มประสิทธิภาพของลานตากสลัดจ์ โดยการแยกน้ำส่วนบนออกก่อน  
(ENHANCEMENT OF THE EFFICIENCY OF SLUDGE DRYING BEDS BY  
PREDECANTATION OF THE SUPERNATANT) อ. ที่ปรึกษา : ศ. ดร. ธงชัย พรรณสวัสดิ์ ;  
176 หน้า. ISBN 974-638-594-1

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของการเพิ่มประสิทธิภาพของลานตากสลัดจ์ โดยการแยกน้ำที่ค้าง  
เป็นชั้นอยู่บนลานตากสลัดจ์ออกจากสลัดจ์ ได้ทำการทดลองบนลานตากจำลองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 570- มม. สูง 900  
มม. ภายในบรรจุชั้นกรอง 3 ชั้น ชั้นล่างเป็นกรวดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10-15 มม. ทน 100 มม. ชั้นกลางเป็นทราย  
หยาบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3-5 มม. ทน 100 มม. และชั้นบนสุดเป็นทรายซึ่งมีขนาดประสิทธิภาพ 0.36 มม. และมี  
สัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ 1.48 ทน 350 มม. โดยใช้สลัดจ์ซึ่งนำมาจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบต่างๆของโรงงานต่าง  
ชนิด แปรความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยในสลัดจ์ให้แตกต่างกัน 4 ค่า และแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุด คือชุด  
ควบคุม(ไม่แยกน้ำ) และชุดทดลอง(แยกน้ำส่วนบนออกหลังสลัดจ์จมน้ำ) โดยที่แต่ละชุดใช้ปริมาตรสลัดจ์ 76.5 ลิตร  
(สมมูลกับความหนาของชั้นสลัดจ์เมื่อเริ่มตากเท่ากับ 30 ซม.) เพื่อศึกษาผลของการแยกน้ำส่วนบนที่มีต่อเวลาในการ  
ตากสลัดจ์ เปรียบเทียบกับกรณีควบคุมซึ่งไม่มีการแยกน้ำส่วนบน นอกจากนี้ในงานวิจัยนี้ยังได้ศึกษาความสัมพันธ์  
ของความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอย, ความต้านทานจำเพาะ( $r$ ), capillary suction time(CST) และระยะเวลาตาก  
แห้ง(จนได้ความเข้มข้นของของแข็งในสลัดจ์ไม่น้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์) และศึกษาสัดส่วนของปริมาณน้ำที่ระเหย,  
ปริมาณน้ำที่แยกได้ และปริมาณน้ำที่ระเหยจากสลัดจ์ประเภทหนึ่งๆด้วย

ผลการวิจัยในครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าหากสลัดจ์มีสมบัติที่แยกเป็นชั้นน้ำอยู่เหนือชั้นสลัดจ์บนลานตากการแยกน้ำใ  
สส่วนบนออกก็สามารถช่วยลดเวลาในการตากแห้งได้บ้าง(ลดลงได้ 1/2 ถึง 1 วัน) แต่ถาสลัดจ์ไม่สามารถแยกเป็นชั้นน้ำที่  
สามารถดึงออกได้ เวลาในการตากสลัดจ์ให้แห้งเป็นภาคของแข็ง(20 เปอร์เซ็นต์ของของแข็ง)สำหรับกรณีชุดควบคุมและ  
กรณีชุดทดสอบก็ไม่แตกต่างกัน และจากการเปรียบเทียบสัดส่วนของปริมาณน้ำทั้ง 3 ส่วน พบว่าปริมาณการระเหยและ  
ปริมาณน้ำใสส่วนบนที่แยกได้จะลดลงเมื่อความเข้มข้นของของแข็งในสลัดจ์สูงขึ้น สำหรับในส่วนของความสัมพันธ์ของ  
ความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอย, ความต้านทานจำเพาะ( $r$ ), capillary suction time(CST) และระยะเวลาตากแห้ง  
พบว่าเมื่อความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยเพิ่มขึ้น ค่า CST และค่าระยะเวลาตากแห้งจะเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นค่า CST  
และความเข้มข้นของของแข็งในสลัดจ์จึงสามารถใช้ในการทำนายเวลาในการตากสลัดจ์ได้ โดยเฉพาะการวัด CST  
สามารถทำได้ง่ายและใช้เวลาไม่มาก ในขณะที่ความต้านทานจำเพาะไม่สามารถบอกลักษณะความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์  
อื่นๆได้

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม  
สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม  
ปีการศึกษา 2540

ลายมือชื่อนิติล .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาพร้อม .....

# C717852 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING  
KEY WORD: DEWATERING / SUPERNATANT / SPECIFIC RESISTANCE / CAPILLARY  
SUCTION TIME

EKKAPHON LUENGEKIN : ENHANCEMENT OF THE EFFICIENCY OF SLUDGE  
DRYING BEDS BY PREDECANTATION OF THE SUPERNATANT. THESIS  
ADVISER : PROF. THONGCHAI PANSWAD, Ph.D. 176 pp.

ISBN 974-638-594-1

This research has the objective to study the enhancement of the efficiency of sludge drying beds and investigated on 570 mm  $\varnothing$   $\times$  900 mm H pilot-scale drying beds, with 3 layers of filtering media, namely, 10-15 mm  $\varnothing$  gravel of 100 mm height, 3-5 mm  $\varnothing$  coarse sand of 100 mm height, and 0.36 mm ES with 1.48 UC sand of 350 mm height for the lower, intermediate and upper layers, respectively. The applied volume of sludge was 76.5 litres which was equivalent to 300 mm of sludge initial height on the beds. Tested sludge samples were collected from various wastewater treatment plants of different types of industries and pre-prepared into four different concentrations. Two experimental sets were initiated in this study, i.e. without and with the withdrawal of supernatant after sludge settling on the sludge drying beds. The ratio of drained water to siphonable water to evaporated water was established for this study. Furthermore there was investigation on correlationship among solids concentration, specific resistance(r), capillary suction time(CST) and drying time(to reach 20 % sludge solids).

It was observed that the tested sludge with good settling property yielded on the drying beds cause a large amount of supernatant which could be siphoned off. As a result, the residual sludge was drier than that without this property. However, the sludge in the control unit dewatered readily in the next few days and its final solids concentration was closed to that of the test unit. Save in drying time was just a little(1/2 to 1 days). Relationship between sludge solids concentration, specific resistance, capillary suction time and drying time was shown that specific resistance could not be related to other parameters.

ภาควิชา..... วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม  
สาขาวิชา..... วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม  
ปีการศึกษา..... 2540

ลายมือชื่อนิติ.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

## กิตติกรรมประกาศ



ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยที่ได้ให้ทุนอุดหนุนในงานวิจัยครั้งนี้จนเสร็จสมบูรณ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ที่สามารถสำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยความสามารถของท่านอาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ดร. ชงชัย พรรณสวัสดิ์ ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นทั้งในทางวิชาการและในทางปฏิบัติที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้มากมาย ผู้ทำวิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านและคณาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้และเจ้าหน้าที่ของภาควิชาทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ศรีวงศ์ สุมิตร รองอธิการบดีฝ่ายกิจการนิสิต ซึ่งได้กรุณาให้ใช้สถานที่บริเวณอาคารจุลจักรพงษ์ ในการทำการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ชัยยุทธ สุขศรี หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำที่ได้กรุณาให้คำแนะนำเกี่ยวกับการวัดสภาพอากาศ พร้อมทั้งให้ยืมอุปกรณ์วัดการระเหยและเครื่องวัดฝนมาใช้ประกอบการวิจัย

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. วันเพ็ญ วิโรจนภูมิ หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ได้กรุณาให้ยืมเครื่องวัดความเข้มแสงมาใช้ประกอบการวิจัย

ขอขอบคุณ คุณ ไสภณ ศรีประดิษฐ์ เจ้าหน้าที่ดูแลอาคารจุลจักรพงษ์ ที่ได้กรุณาอำนวยความสะดวกต่างๆ ให้แก่ผู้วิจัย

ขอขอบคุณผู้ดูแลระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานต่างๆ ที่ได้เอื้อเฟื้อและอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้วิจัยในการนำตัวอย่างส่งตรวจจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานมาใช้ในการวิจัย

ขอขอบคุณ พี่ เพื่อนๆ และ น้องๆ ในภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมที่ได้ให้ความช่วยเหลือ

ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนในงานวิจัยครั้งนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอบคุณ พี่ๆ และน้องชายของผู้วิจัยที่ให้ความช่วยเหลือแก่ผู้วิจัย

สุดท้ายนี้ลูกขอกราบแทบเท้าขอบพระคุณ บิดา มารดาที่ให้ออกาสในการศึกษา และทุกสิ่งทุกอย่างอันไม่อาจประเมินได้ จนทำให้ลูกสามารถเรียนสำเร็จได้สมดังความมุ่งหวัง

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง .....	ญ
สารบัญรูป .....	ฉ
สารบัญภาพ .....	ต
บทที่	
1. บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมา .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ .....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย .....	2
1.4 ประโยชน์ที่득จากการศึกษาครั้งนี้ .....	2
2. ทบทวนเอกสาร .....	4
2.1 ทฤษฎี สมมุติฐาน หลักการ และเหตุผล .....	4
2.1.1 ประเภทของสลัดจ์ .....	4
2.1.2 ลักษณะทั่วไปของสลัดจ์ .....	5
2.1.3 ลักษณะทางกายภาพ .....	7
2.1.4 การบำบัดสลัดจ์ .....	12
2.1.5 ลานตากสลัดจ์ .....	13

2.2 การศึกษาที่ผ่านมา .....	17
3. วิธีดำเนินงานวิจัย .....	28
3.1 การศึกษาขั้นต้น และวางแผนการทดลอง .....	28
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง .....	30
3.3 วิธีการทดลอง .....	38
3.4 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างสลัดจ์ .....	46
4. ผลการทดลอง วิเคราะห์และอภิปรายผล .....	48
4.1 ความเป็นไปได้ในการเพิ่มประสิทธิภาพของลานตากสลัดจ์ โดยการแยกน้ำใส ส่วนบนออก .....	48
4.2 สัดส่วนของปริมาณน้ำที่ระเหย( $V_1$ )ต่อปริมาณน้ำใสส่วนบนที่แยก( $V_2$ )ต่อปริมาณน้ำ ที่ต้องระเหย( $V_3$ )บนลานตากสลัดจ์ตามสภาพในประเทศ .....	62
4.2.1 ชุดควบคุม(ปริมาณน้ำที่ระเหย( $V_1$ ) และปริมาณน้ำที่ระเหย( $V_3$ ) ) .....	62
4.2.2 ชุดทดลอง(ปริมาณน้ำที่ระเหย( $V_1$ ) ต่อปริมาณน้ำใสส่วนบนที่แยก( $V_2$ ) ต่อปริมาณน้ำที่ต้องระเหย( $V_3$ ) ) .....	75
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอย, ค่าความต้านทาน จำเพาะ, capillary suction time(CST) และ เวลาในการตากสลัดจ์ .....	82
4.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยกับ ค่าความต้านทานจำเพาะ .....	82
4.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยกับค่า capillary suction time(CST) .....	85
4.3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยกับเวลาใน การตากสลัดจ์ .....	85
4.3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานจำเพาะ กับ capillary suction time (CST) .....	91
4.3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานจำเพาะ กับ เวลาตากสลัดจ์ .....	91
4.3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า CST กับ เวลาตากสลัดจ์ .....	94
4.3.7 ภาพรวม .....	94



4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานจำเพาะ และ CST ที่มีต่อค่า SV 30 และปริมาณน้ำที่แยก .....	99
4.5 ความสัมพันธ์ของสภาพอากาศในบริเวณที่ทำการทดลองเปรียบเทียบกับข้อมูล สภาพอากาศจากสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา .....	99
5 สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 ข้อสรุป .....	107
5.2 ข้อเสนอแนะ .....	108
รายการอ้างอิง .....	109
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก การวัดขนาดทราย .....	113
ภาคผนวก ข การเปรียบเทียบผลการวัดค่า CST .....	138
ภาคผนวก ค การระเหยและการวัดการระเหย .....	140
ภาคผนวก ง การแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์และการวัดการแผ่รังสี .....	143
ภาคผนวก จ ความชื้นในบรรยากาศ และการวัดความชื้น .....	145
ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างการคำนวณค่าความต้านทานจำเพาะ .....	151
ภาคผนวก ช ตารางผลการทดลอง .....	154
ภาคผนวก ซ บันทึกการทดลอง .....	175
ประวัติผู้เขียน .....	176

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ลักษณะต่างๆ ของสลัดจ์สารส้มจากโรงประปา .....	6
2.2 ลักษณะต่างๆ ของสลัดจ์ปูนขาวจากโรงประปา .....	6
2.3 แรงโน้มถ่วงจำเพาะของสลัดจ์ .....	8
2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานจำเพาะกับขนาดอนุภาคของสลัดจ์ .....	10
2.5 ช่วงของค่าความต้านทานจำเพาะของสลัดจ์ประเภทต่างๆ .....	10
2.6 การกระจายตัวของน้ำในแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ .....	11
2.7 ข้อดีและข้อเสียของการใช้ลานตากสลัดจ์ .....	15
2.8 พื้นที่ที่ต้องการสำหรับลานตาก .....	19
3.1 ชนิดของสลัดจ์ที่นำมาทดลอง .....	29
3.2 ข้อมูลสภาพอากาศที่วัดและอุปกรณ์ที่ใช้วัด .....	36
3.3 ความถี่ในการเก็บตัวอย่าง, อ่านค่าและวิเคราะห์ผล .....	42
4.1 ความเข้มข้นของของแข็งในสลัดจ์, ความต้านทานจำเพาะ( $r$ ), CST และ เวลาตาก ทั้งกรณีที่มีการแยกน้ำและไม่แยกน้ำ .....	53
4.2 เวลาตั้งแต่ใส่สลัดจ์ลงถังจนเริ่มปรากฏรอยแยก .....	59
4.3 ภาวะของแข็งต่อปี .....	63
4.4 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำที่ระเหย, ปริมาณน้ำส่วนบนที่แยกออก และปริมาณที่ระเหย .....	72
4.5 ค่า SV 30 ของสลัดจ์ที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน .....	77
4.6 เวลาตั้งแต่ใส่สลัดจ์ลงถังจนแยกน้ำใสเสร็จ .....	79
4.7 เปอร์เซ็นต์ของน้ำที่ระเหยเทียบกับการระเหยจากผากระเหย .....	81
4.8 ความเข้มข้นของของแข็งในสลัดจ์, ความต้านทานจำเพาะ( $r$ ) และ CST .....	84
4.9 สมการของกราฟระหว่างความเข้มข้นของของแข็ง กับ CST .....	87
4.10 สมการของกราฟระหว่างความเข้มข้นของของแข็งกับเวลาตากสลัดจ์ .....	89

4.11(ก) ลำดับของค่าความเข้มข้นของของแข็งจากน้อยไปหามากของสลัดจ์ชีวภาพ ที่มีต่อเวลาตากสลัดจ์ .....	90
4.11(ข) ลำดับของค่าความเข้มข้นของของแข็งจากน้อยไปหามากของสลัดจ์เคมี ที่มีต่อเวลาตากสลัดจ์ .....	91
4.12 สมการของกราฟระหว่าง CST กับ เวลาตากสลัดจ์ .....	96
4.13(ก) ลำดับของค่า CST จากน้อยไปหามากของสลัดจ์ชีวภาพ ที่มีต่อเวลาตากสลัดจ์ .....	97
4.13(ข) ลำดับของค่า CST จากน้อยไปหามากของสลัดจ์เคมี ที่มีต่อเวลาตากสลัดจ์ .....	98
4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานจำเพาะ, CST กับค่า SV 30 และปริมาณน้ำที่แยกได้ ...	101
4.15 ค่าเฉลี่ยของการวัดสภาพอากาศกับเวลาตากสลัดจ์ .....	106

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 รายละเอียดของลานตากสลัดจ์ .....	14
2.2 การระเหยของสลัดจ์ .....	15
3.1 ลานตากจำลอง (ใช้ในการทดลองจำนวน 8 ชุด) .....	31
3.2 ลักษณะของชุดกรวยบุคคลเนอร์ .....	33
3.3 Capillary Suction Apparatus .....	35
3.4 ขั้นตอนในการทดลอง .....	39
3.5 การเตรียมความเข้มข้นของของแข็งในสลัดจ์ที่ใช้ในการทดลอง .....	40
3.6 การนำสลัดจ์ใส่ลงในลานตาก .....	40
3.7 การแยกน้ำใสออกจากลานตาก .....	41
3.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $w/v$ กับ $v$ .....	44
4.1 ค่าความเข้มข้นของของแข็งในกากสลัดจ์(จากโรงงานฟอกย้อม) .....	49
4.2 ค่าความเข้มข้นของของแข็งในกากสลัดจ์(จากโรงงานฟอกย้อมและผ่านการย่อยสลายแล้ว) ...	49
4.3 ค่าความเข้มข้นของของแข็งในกากสลัดจ์(จากโรงงานผลิตผลไม้กระป๋อง) .....	50
4.4 ค่าความเข้มข้นของของแข็งในกากสลัดจ์(จากโรงงานผลิตเบียร์) .....	50
4.5 ค่าความเข้มข้นของของแข็งในกากสลัดจ์(จากโรงงานฟอกหนัง) .....	51
4.6 ค่าความเข้มข้นของของแข็งในกากสลัดจ์(จากโรงงานผลิตยางยืด) .....	51
4.7 ค่าความเข้มข้นของของแข็งในกากสลัดจ์(จากโรงงานอะลูมิเนียม) .....	52
4.8 ค่าความเข้มข้นของของแข็งในกากสลัดจ์(จากโรงงานประกอบรถยนต์) .....	52
4.9 ความหนาของชั้นสลัดจ์ในลานตากจำลอง(จากโรงงานฟอกย้อม) .....	54
4.10 ความหนาของชั้นสลัดจ์ในลานตากจำลอง(จากโรงงานฟอกย้อม และผ่านการย่อยสลายแล้ว) .....	54
4.11 ความหนาของชั้นสลัดจ์ในลานตากจำลอง(จากโรงงานผลิตผลไม้กระป๋อง) .....	55

4.12 ความหนาของชั้นสลัดจ์ในลานตากจำลอง(จากโรงงานผลิตเบียร์) .....	55
4.13 ความหนาของชั้นสลัดจ์ในลานตากจำลอง(จากโรงงานฟอกหนัง) .....	56
4.14 ความหนาของชั้นสลัดจ์ในลานตากจำลอง(จากโรงงานผลิตยางยืด) .....	56
4.15 ความหนาของชั้นสลัดจ์ในลานตากจำลอง(จากโรงงานอะลูมิเนียม) .....	57
4.16 ความหนาของชั้นสลัดจ์ในลานตากจำลอง(จากโรงงานประกอบรถยนต์) .....	57
4.17 ปริมาณการระบายน้ำผ่านชั้นกรองและน้ำใสที่แยกได้(จากโรงงานฟอกย้อม) .....	64
4.18 ปริมาณการระบายน้ำผ่านชั้นกรองและน้ำใสที่แยกได้(จากโรงงานฟอกย้อม และผ่านการย่อยสลายแล้ว) .....	64
4.19 ปริมาณการระบายน้ำผ่านชั้นกรองและน้ำใสที่แยกได้(จากโรงงานผลิตผลไม้กระป๋อง) .....	65
4.20 ปริมาณการระบายน้ำผ่านชั้นกรองและน้ำใสที่แยกได้(จากโรงงานผลิตเบียร์) .....	65
4.21 ปริมาณการระบายน้ำผ่านชั้นกรองและน้ำใสที่แยกได้(จากโรงงานฟอกหนัง) .....	66
4.22 ปริมาณการระบายน้ำผ่านชั้นกรองและน้ำใสที่แยกได้(จากโรงงานผลิตยางยืด) .....	66
4.23 ปริมาณการระบายน้ำผ่านชั้นกรองและน้ำใสที่แยกได้(จากโรงงานอะลูมิเนียม) .....	67
4.24 ปริมาณการระบายน้ำผ่านชั้นกรองและน้ำใสที่แยกได้(จากโรงงานประกอบรถยนต์) .....	67
4.25 ปริมาณการระบายน้ำสะสมรวมน้ำใสที่แยกได้(จากโรงงานฟอกย้อม) .....	68
4.26 ปริมาณการระบายน้ำสะสมรวมน้ำใสที่แยกได้(จากโรงงานฟอกย้อม และผ่านการย่อยสลายแล้ว) .....	68
4.27 ปริมาณการระบายน้ำสะสมรวมน้ำใสที่แยกได้(จากโรงงานผลิตผลไม้กระป๋อง) .....	69
4.28 ปริมาณการระบายน้ำสะสมรวมน้ำใสที่แยกได้(จากโรงงานผลิตเบียร์) .....	69
4.29 ปริมาณการระบายน้ำสะสมรวมน้ำใสที่แยกได้(จากโรงงานฟอกหนัง) .....	70
4.30 ปริมาณการระบายน้ำสะสมรวมน้ำใสที่แยกได้(จากโรงงานผลิตยางยืด) .....	70
4.31 ปริมาณการระบายน้ำสะสมรวมน้ำใสที่แยกได้(จากโรงงานอะลูมิเนียม) .....	71
4.32 ปริมาณการระบายน้ำสะสมรวมน้ำใสที่แยกได้(จากโรงงานประกอบรถยนต์) .....	71
4.33 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำที่ระบายผ่านชั้นทรายและปริมาณน้ำที่ระเหยของ ชุดทดลองที่ควบคุม .....	74
4.34 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำที่ระบายผ่านชั้นทราย, ปริมาณน้ำใสที่แยกออก และปริมาณน้ำที่ระเหยของชุดทดลอง .....	76
4.35 ค่า SV 30 ที่ความเข้มข้นต่างๆ กันของสลัดจ์แต่ละประเภท .....	78
4.36 ความสัมพันธ์ของค่าความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยกับค่าความต้านทานจำเพาะ .....	83

4.37 ความสัมพันธ์ของค่าความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยกับค่า CST .....	86
4.38 ความสัมพันธ์ของค่าความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยกับเวลาตากสลัดจ์ .....	88
4.39 ความสัมพันธ์ของค่าความต้านทานจำเพาะกับค่า CST .....	92
4.40 ความสัมพันธ์ของค่าความต้านทานจำเพาะกับค่าเวลาตากสลัดจ์ .....	93
4.41 ความสัมพันธ์ของค่า CST กับค่าเวลาตากสลัดจ์ .....	95
4.42 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความต้านทานจำเพาะกับ SV 30 .....	102
4.43 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความต้านทานจำเพาะกับปริมาณน้ำที่แยกได้ .....	103
4.44 ความสัมพันธ์ระหว่าง CST กับ ค่า SV30 .....	104
4.45 ความสัมพันธ์ระหว่าง CST กับ ปริมาณน้ำที่แยก .....	105



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
3.1	32
3.2	32
3.3	33
3.4	34
3.5	36
3.6	37
3.7	38
3.8	43
4.1	60
4.2	60
4.3	61
4.4	61

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย