

การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 2

The 2nd STOU Graduate Research Conference

การทำแห้งของน้ำเสียน้ำยางจากโรงงานน้ำยางข้นเพื่อใช้ประโยชน์เป็นปุ๋ยแห้ง

Drying of Skim Wastewater from Concentrated Latex Factory for Utilization as Dry Fertilizer

ณัฐพันธ์ สวางศักดิ์บารมี (Nattapan Saguansakbaramee)* สมทิพย์ ด่านธีรวณิชย์ (Somtip Danteravanich)**

สุวิทย์ สุวรรณโณ (Suvit Suwanno)***

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาอัตราการเกิดน้ำเสียน้ำยางจากยางสด องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของน้ำเสียน้ำยางจากยางสด จากโรงงานน้ำยางข้น (2) ศึกษาอัตราการระเหยแห้งของน้ำเสียน้ำยางจากยางสดภายใต้รูปแบบและเงื่อนไขการให้ความร้อนต่าง ๆ พร้อมศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของกากวัสดุแห้งที่ได้จากการระเหยแห้งของน้ำเสียน้ำยางจากยางสด และ (3) ศึกษาคุณลักษณะการละลายออกของสารต่าง ๆ จากวัสดุที่ทำแห้งที่ได้จากน้ำเสียน้ำยางจากยางสด

วิธีการดำเนินการวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์ตัวอย่างและการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยศึกษาคุณลักษณะน้ำเสียน้ำยางจากโรงงานน้ำยางข้น ทำการทดลองน้ำเสียน้ำยางจากยางสดให้แห้งด้วย 4 กรรมวิธีคือ (1) อบในตู้อบอุณหภูมิ 100°C (2) อบในตู้อบอุณหภูมิ 70°C (3) การอังด้วยไอน้ำ 100°C (4) การตากแดด ศึกษาอัตราการระเหยแห้ง และนำตัวอย่างแห้งที่ได้มาศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและเคมี จากนั้นพิจารณาเลือกตัวอย่างแห้งที่ได้ผลดีในด้านลักษณะทางกายภาพและเคมีไปศึกษาถึงความสามารถการละลายออกของสารต่าง ๆ โดยใช้น้ำกลั่น

ผลการศึกษาพบว่าน้ำเสียน้ำยางจากโรงงานน้ำยางข้น มีค่า pH สูงในช่วง 4.32 - 4.44 มีค่า COD และ BOD ในช่วง 13,401-32,609 มก./ล. และ 8,910-17,980 มก./ล. ตามลำดับ และมีค่า TKN, TP และ TK ในช่วง 536 - 801 มก./ล. 6.5-12.1 มก./ล. และ 134-1,275 มก./ล. ตามลำดับ วิธีการทำแห้งของน้ำเสียน้ำยางจากยางสดด้วยวิธีการอังไอน้ำที่อุณหภูมิ 100°C ให้ค่าอัตราการระเหยแห้งเร็วที่สุด แต่การทำแห้งด้วยวิธีการอบในตู้อบที่ 70°C จะให้ค่าอัตราการระเหยแห้งที่ต่ำกว่า แต่ให้ค่าลักษณะทางกายภาพและเคมีของวัสดุแห้งที่ได้ที่ดีกว่า โดยมีค่า N, P, K เท่ากับ 7.19 %, 3.8 % และ 4.2 % น้ำหนักแห้งตามลำดับ และเมื่อใช้ตัวอย่างนี้ศึกษาถึงความสามารถการละลายออกของสารต่าง ๆ โดยเฉพาะธาตุอาหารพืช พบว่าวัสดุแห้งจากน้ำเสียน้ำยางจากยางสดจะมีการชะออกของธาตุ N ได้มากที่สุด (21%) รองลงมาคือ K (2.55%) และ P (2.26%) ตามลำดับ ที่ระยะเวลาการละลาย 2 ชั่วโมง ผลการศึกษาที่ได้แสดงให้เห็นว่าสามารถนำน้ำเสียน้ำยางจากยางสดทำเป็นปุ๋ยแห้งได้

คำสำคัญ น้ำเสียน้ำยางจากยางสด โรงงานน้ำยางข้น ปุ๋ย การทำแห้ง ธาตุอาหารพืช

* นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ s.nattapan@hotmail.com

** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี somtip.d@psu.ac.th

*** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำสาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ suvit.su@psu.ac.th

Abstract

The objective of this research were to study: (1) birth rate waste water from rubber sakim Chemical and physical elements of the waste water from rubber sakim factory of latex concentrate; (2)evaporation rate of water loss from the rubber drying sakim under format and condition to heat with chemical and physical features study of nutritive materials, dry the evaporation drying of waste water from rubber sakim; and (3) melt out of drying material from the waste water from rubber sakim.

The methodology of this study was conducted by sample analysis and laboratory experiment. The characteristics determination of skim wastewater was carried out. The experiment on drying of skim wastewater was investigated with 4 process, including with (1) dry in hot air oven at 100°C (2) dry in hot air oven at 70°C (3) dry with water bath at 100°C and (4) dry with sun light. The evaporation rate was determined. After received dried material from skim wastewater, it was investigated the physical and chemical characteristics. The dried sample having the best physical and chemical characteristic was further examined the dissolubility by using distilled water.

The results illustrated that skim wastewater from concentrated latex factory had pH in the range of 4.32 - 4.44. COD and BOD values were ranging of 13,401-32,609 mg/l and 8,910-17,980 mg/l, respectively. The concentrations of TKN, TP, and TK were determined to be 536 - 801 mg/l, 6.5-12.1 mg/l and 134-1,275 mg/l, respectively. It was found that drying skim wastewater with water bath at 100°C gave the highest evaporation rate. However, drying in the hot air oven at 70°C gave the lower evaporation rate, but gave the better physical and chemical characteristics with the contents of N, P and K of 7.19%, 3.8% and 4.2%, respectively. After used this dried sample to test the dissolubility, in particular the plant nutrients, it was observed that N from dried material was highest dissolved in water within 2 hours dissolving (21%) and the lower was K (2.55%) and P (2.26%). Based on this study, it reflected that skim wastewater could be used by making as dry fertilizer.

Keywords: Skim wastewater, Concentrated latex factory, Fertilizer, Drying, Plant nutrients

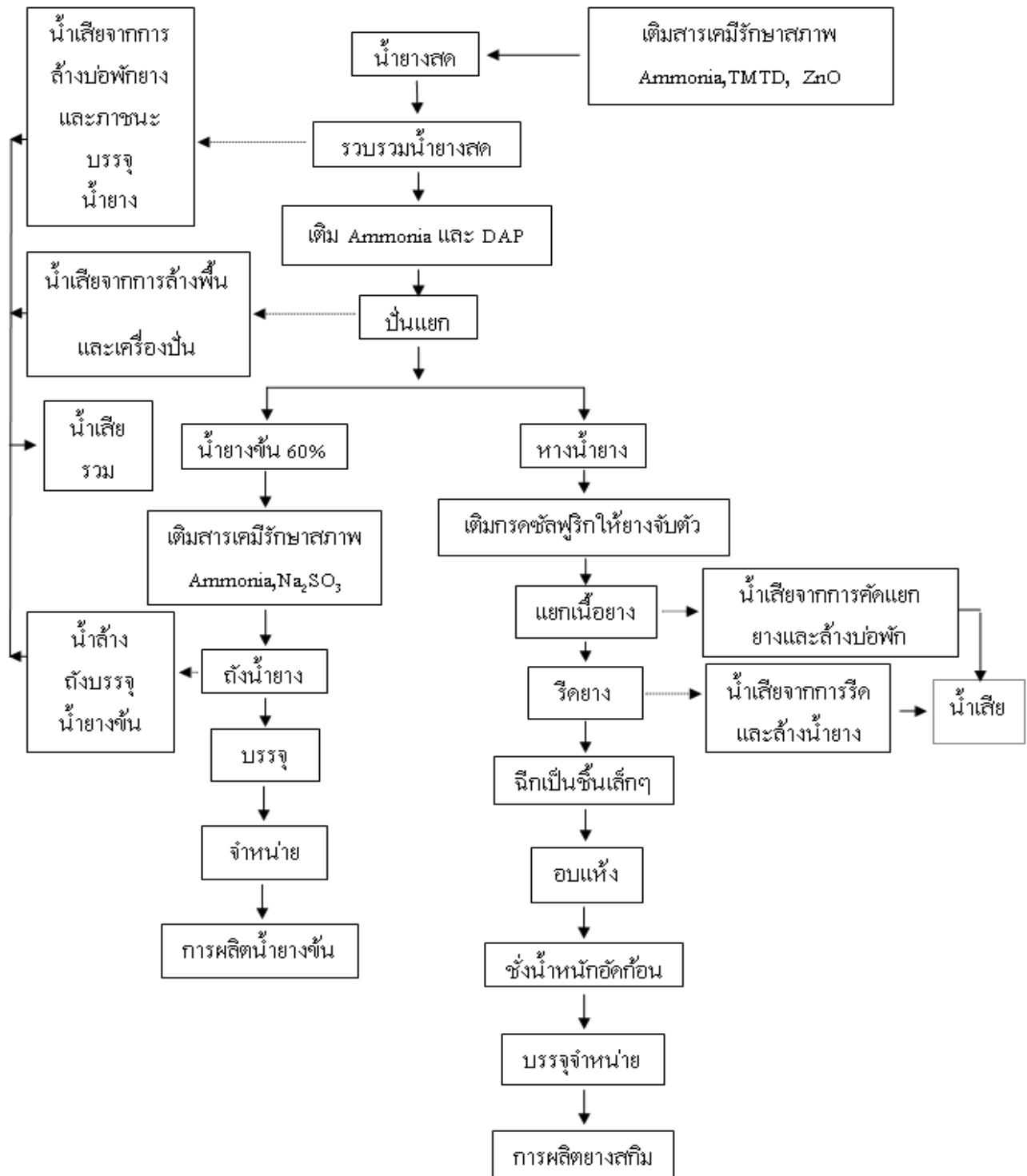
บทนำ

ปัจจุบันโรงงานน้ำยางข้นเป็นธุรกิจที่ได้รับความนิยมมาก และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น โรงงานน้ำยางข้นเป็นโรงงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับยางธรรมชาติ กรรมวิธีการผลิตน้ำยางข้นของอุตสาหกรรมน้ำยางข้นจะใช้วิธีการเซนตริฟิวจ์ โดยการผลิตจะเริ่มจากการรวบรวมน้ำยาง โรงงานน้ำยางข้นจะรับน้ำยางดิบจากสวนเอง และจากสวนยางอื่น ในบางโรงงานจะมีการรับซื้อน้ำยางสดจากสวนยางในต่างจังหวัด อาจรับซื้อโดยตรงหรือรับซื้อจากพ่อค้าคนกลาง ในการรวบรวมน้ำยางสดเพื่อส่งให้โรงงานจะมีการเติมสารละลายแอมโมเนียความเข้มข้น 10 % ลงไปในน้ำยางดิบเพื่อรักษาคุณภาพน้ำยางไม่ให้บูดเน่าหรือจับตัวกันเป็นก้อน โดยเติมให้มีความเข้มข้นในช่วง 0.25-0.4 % ของน้ำยางสด เมื่อน้ำยางสดส่งถึงโรงงานผลิตน้ำยางข้นจะผ่านการกรองด้วยตะแกรงขนาด 80 เมช ลงสู่ถังรวบรวม จากนั้นจะมีการผ่านแก๊สแอมโมเนียสู่น้ำยางโดยให้มีความเข้มข้นเกินกว่า 0.4 % ของน้ำยาง หลังจากนั้น จะมีการตรวจสอบปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางแล้วเติมสารเคมี diamonium hydrogen phosphate (DAP) เพื่อให้เกิดการตกตะกอนของสารประกอบแมกนีเซียม และสิ่งสกปรกต่าง ๆ จากนั้นจะเข้าสู่เครื่องปั่นน้ำยางความเร็วสูงหรือเครื่องเซนตริฟิวจ์ เพื่อแยกน้ำและสารอื่นที่อยู่ในน้ำยางออกไป บางส่วน น้ำยางที่ได้มาจากต้นยางพาราประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ อนุภาคเนื้อยางที่เป็นสารแขวนลอย (dispersed phase) กับส่วนที่เป็นน้ำชีรัมซึ่งเป็นเนื้อของเหลวที่ต่อเนื่อง (continuous phase) หน้าที่ของเครื่องเซนตริฟิวจ์ คือ การแยกเนื้อทั้งสองของน้ำยางออกจากกัน โดยพยายามแยกเอาอนุภาคยางออกไปจากชีรัมให้ได้มากที่สุด ผลที่ได้จากการเซนตริฟิวจ์แล้วคือ น้ำยางข้นและหางน้ำยาง ซึ่งหางน้ำยาง (skim latex) ก็จะถูกนำไปใช้ในการผลิตยางสกิมต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 1

ดังนั้นยางสกิมเป็นยางธรรมชาติซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการเซนตริฟิวจ์น้ำยางสดให้กลายเป็นน้ำยาง ข้น โดยหางน้ำยางซึ่งเป็นวัตถุดิบของการทำยางสกิมนั้น ปกติจะมีเนื้อยางอยู่ราว 4-8 % DRC (dry rubber content) หางน้ำยางที่ได้ อาจมีการไล่แอมโมเนียออกไปก่อนที่จะมีการเติมกรดซัลฟิวริกในบ่อพักหางน้ำยาง แล้วปล่อยให้เกิดการจับตัวของเนื้อยาง หลังจากนั้น จะทำการเก็บเกี่ยวเนื้อยางและนำเนื้อยางมารีดเพื่อกำจัดน้ำในเนื้อยางออกก่อน น้ำเสียจากการแยกเนื้อยาง การล้างบ่อพักหางน้ำยาง และการรีดยาง จะถูกส่งไปบำบัดในระบบบำบัดน้ำเสียรวมต่อไป (สมทิพย์ ด่านธีรวิชย์ และ คณะ, 2545) จากการดำเนินการดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าของเหลว/น้ำเสีย ที่ได้จากการผลิตยางสกิมนั้น จะประกอบด้วยส่วนที่เป็นชีรัมจำนวนมาก และจากรายงานผลการศึกษาคณสมบัติของน้ำชีรัมของน้ำยาง พบว่าในน้ำชีรัมมีส่วนประกอบของสารอาหารหลายประเภทด้วยกัน และที่มีความสำคัญคือมีธาตุอาหารพืช เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โซเดียม แมกนีเซียม เป็นต้น (Ibrahim, 1982) ฉะนั้นน้ำเสียจากยางสกิมจึงประกอบด้วยสารอาหารที่ยังมีประโยชน์ต่อพืช หากมีวิธีการที่เหมาะสมในการนำน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางสกิม ซึ่งประกอบด้วยชีรัมหลักเพื่อใช้ประโยชน์ได้เช่นการใช้เป็นปุ๋ย ก็จะส่งผลต่อการสร้างมูลค่าจาก by product หรือน้ำเสียดังกล่าวได้ รวมทั้งช่วยแก้ปัญหามลพิษทางน้ำที่จะเกิดขึ้นจากโรงงานยางด้วย ซึ่งการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้พิจารณาใช้เทคโนโลยีการระเหยแห้งมาเพื่อทำการนำกลับธาตุอาหารพืชในน้ำเสียจากยางสกิม โดยมีเป้าหมายเพื่อทำเป็นปุ๋ยแห้ง ทั้งนี้เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อการเกษตรกรรม และเป็นการสร้างโอกาสในผลิตปุ๋ยโดยใช้ของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมยางพารา ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมหลักในภาคใต้ต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ศึกษาอัตราการเกิดน้ำเสียจากยางสกิม องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของน้ำเสียจากยางสกิม จากโรงงานน้ำยางข้น
2. ศึกษาอัตราการระเหยแห้งของน้ำเสียจากยางสกิมภายใต้รูปแบบและเงื่อนไขการให้ความร้อนต่าง ๆ พร้อมศึกษาคณลักษณะทางกายภาพและเคมีของกากวัสดุแห้งที่ได้จากการระเหยแห้งของน้ำเสียจากยางสกิม



ภาพที่ 1. กรรมวิธีการผลิตและจุดกำเนิดน้ำเสียจากการผลิตน้ำยางข้นและยางสกิม

ที่มา: สมทิพย์ ด้านธีรวนิชย์ และคณะ (2545)

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาลักษณะและประเมินอัตราการเกิดน้ำเสียจากยางสกิมของโรงงานน้ำยางข้น การศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางสกิม ดำเนินการโดยเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากยางสกิมแบบ grab sample จากโรงงานน้ำยางข้นที่ตั้งอยู่ในจังหวัดสงขลา และ สุราษฎร์ธานี รวมจำนวน 6 แห่ง เพื่อนำไปวิเคราะห์หาตัวแปรต่าง ๆ คือ pH, TS, TDS, TDVS, SS, COD, BOD, TKN, NH₃-N, Org-N, TP, Mg, Zn และ ซัลเฟต โดยตัวอย่างน้ำเสียจากยางสกิม จะมีการตรวจหาค่า pH ในภาคสนาม และตัวแปรคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีอื่น ๆ ได้มีการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของคณะกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ และห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์กลาง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี โดยมีการวิเคราะห์เป็นไปตามวิธีของ Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA, and WPCF, 2005) สำหรับอัตราการเกิดน้ำเสียยางสกิมประเมิน จากการศึกษาในภาคสนาม โดยใช้การประเมินจากปริมาณของที่กักเก็บน้ำเสียที่เกิดขึ้น ก่อนการระบายออกสู่ระบบบำบัด น้ำเสีย

2. การทดลองเพื่อประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการระเหยแห้งในการทำแห้งของน้ำเสียจากยางสกิม การศึกษาการระเหยแห้งจะเก็บน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางสกิมจากโรงงานน้ำยางข้น จากนั้นนำเข้าสู่ห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาการระเหยแห้ง ในการศึกษาอัตราการระเหยแห้งจะใช้น้ำเสียจากยางสกิมและทำให้แห้งภายใต้การใช้ความร้อนใน 4 เงื่อนไขแสดงดังตารางที่ 1

ในขั้นตอนการศึกษาหาอัตราการระเหยแห้งภายใต้การทดลองเงื่อนไขการทำแห้งทั้ง 4 ข้างต้นนั้น ใช้ภาชนะในการระเหยที่มีลักษณะและขนาดเหมือนกัน คือ ถาดขนาด 16×11×2.5 นิ้ว และใส่น้ำเสียปริมาตร 1.84 ลิตรก่อนนำไปให้ความร้อน โดยในขณะที่มีการอบแห้งจะทำการจับเวลา เพื่อดูอัตราการระเหยแห้ง หลังจากการทดลองการระเหยแห้งนี้แล้ว นำตัวอย่างแห้งที่ได้จากแต่ละวิธีการระเหยแห้งไปทำให้เป็นผงขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร และศึกษาลักษณะของตัวอย่างที่ระเหยได้ โดยตัวแปรทางเคมีที่ศึกษาได้แก่ pH, VS, ash, TN, TP, TK, Mg, Zn และค่าการนำไฟฟ้า พร้อมทั้งศึกษาลักษณะทางกายภาพของของแข็งที่ระเหยได้ เช่น ลักษณะสีและความร่วนซุยของของแข็ง

ตารางที่ 1. เงื่อนไขการทดลองโดยการระเหยแห้งของน้ำเสียจากยางสกิม

ชุดการทดลอง	เงื่อนไขการทดลอง	
	ตัวอย่างที่ใช้ในการระเหย	เงื่อนไขการระเหย
1	น้ำเสียจากกระบวนการผลิตยาง สกิม	ระเหยโดยอบในตู้อบอุณหภูมิ 100°C
2		ระเหยโดยอบในตู้อบอุณหภูมิ 70°C
3		ระเหยโดยการอังด้วยไอน้ำ 100°C
4		ระเหยโดยการตากแดด

จากนั้นนำผลลักษณะทางเคมีและกายภาพที่ได้ศึกษาจากแต่ละตัวอย่างที่ระเหยได้มาพิจารณาเพื่อเลือกตัวอย่างแห้งที่ได้ที่ให้ค่าสารอาหารพืช (N, P, K) สูง และมีลักษณะที่กายภาพที่ดีไปทดสอบการละลายต่อ โดยนำตัวอย่างของแข็งที่ระเหยแห้งจำนวน 4 กรัมผสมในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร ทดสอบการละลายที่ 0, 10, 30, 60 และ 120 นาที จากนั้นนำมา

The 2nd STOU Graduate Research Conference

กรองด้วยกระดาษกรอง GF/C และเก็บของเหลวที่ผ่านการกรองนำมาวิเคราะห์หาค่า SCOD, TP, TN, TK, Mg, Zn, pH และ TDS โดยมีการวิเคราะห์เป็นไปตามวิธีของ Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA, and WPCF, 2005) และ Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemists (AOAC ,1990) ทั้งนี้วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างที่ศึกษาสรุปดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2. วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี ของตัวอย่างน้ำเสียจากยางสกิม ตัวอย่างแห้งที่ระเหยได้จากยางสกิม และสารละลายที่ได้จากการละลายตัวอย่างแห้งที่ระเหยได้จากยางสกิม

ค่าพารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์
1. ash*	gravimetric method
2. volatile solids (VS)*	gravimetric method
3. total nitrogen (TN)*	Kjeldahl method
4. total phosphorus (TP)*	spectrophotometric molybdovanadophosphate method
5. pH *,**	electrometric method
6. total solids (TS)**	gravimetric method
7. suspended solids (SS)**	gravimetric method
8. total dissolved solids (TDS)**	gravimetric method
9. total dissolved volatile solids (TDVS)**	gravimetric method
10. chemical oxygen demand (COD)**	closed reflux method
11. biochemical oxygen demand (BOD)**	dilution and azide modification method
12. sulfate (SO_4^{2-})**	turbidimetric method
13. ammonia nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$) **	distillation and titration method
14. organic nitrogen (Org-N)**	digestion / distillation and titration method
15. total kjeldahl nitrogen (TKN)**	titration method
16. total phosphorus (TP)**	ascorbic acid method
17. total potassium (TK)*,**	inductively coupled plasma (ICP)
18. Mg, Zn**	inductively coupled plasma (ICP)
19. conductivity	electrometric method

หมายเหตุ: * ตัวอย่างของแข็งใช้ตามวิธีวิเคราะห์ของ AOAC (1990)

** ตัวอย่างของเหลวใช้ตามวิธีวิเคราะห์ APHA, AWWA, and WEF (2005)

การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 2
The 2nd STOU Graduate Research Conference

ผลการวิจัย

1. ลักษณะและอัตราการเกิดน้ำเสียจากยางสกิมของโรงงานน้ำยางข้น

1.1 อัตราการเกิดน้ำเสียจากยางสกิม ในการผลิตยางสกิมจะมีน้ำเสียเกิดขึ้นหลังจากยางจับตัวแล้ว พบว่ามีจุดกำเนิดน้ำเสีย 2 จุดใหญ่ คือ (1) เป็นน้ำเสียจากการคัดแยกยางในบ่อทำยางสกิมและจากการล้างบ่อพักน้ำยางและ (2) เป็นน้ำเสียจากการจัดการล้างยางหลังจากเก็บเกี่ยวยางจากบ่อพักยางแล้ว (สมทิพย์ ดำนธีรวนิษฐ์ และคณะ, 2545) ผลจากการศึกษาครั้งนี้จากโรงงานน้ำยางข้น 6 โรงงาน พบว่ามีอัตราการผลิตน้ำเสียจากยางสกิมในช่วง 0.82-1.25 ลบ.ม/ตันน้ำยางสด/วัน (เฉลี่ย 1.03 ลบ.ม/ตันน้ำยางสด/วัน)

1.2 ลักษณะน้ำเสียจากยางสกิม ผลการศึกษาของน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นทั้ง 6 โรงงานแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งพบว่ามีค่า COD เฉลี่ยสูงกว่า 20,000 มก./ล. มีค่าไนโตรเจนและซัลเฟตสูง และมีค่า pH เป็นกรด

ตารางที่ 3. ลักษณะน้ำเสียจากยางสกิม

ตัวแปร	การศึกษาครั้งนี้		ข้อมูลที่ได้เคยมีการศึกษา*
	ค่าพิสัย	Average	ค่าพิสัย
pH	4.32-4.44	4.4	2.82-5.15
Conductivity(ds/cm)	0.11-0.17	0.15	-
SS, (mg/l)	615-785	688	300-1,320
TDS, (mg/l)	27,584-36,788	33,429	4,700-64,360
TDVS, (mg/l)	22,192-31,402	27,836	-
TS, (mg/l)	32,304 – 40,204	34,117	5,000-65,620
COD, (mg/l)	13,401-32,609	24,590	11,022-26,052
BOD,(mg/l)	8,910-17,980	11,648	9,116-16,410
NH ₃ -N, (mg/l)	287-557	461	406-2,834
Org-N, (mg/l)	241-248	245	50-2,075
TKN, (mg/l)	536-802	705	456-3,458
TP, (mg/l)	6.5-12.1	8.9	3.16-32.57
TK, (mg/l)	134-1,275	824	-
SO ₄ ⁻² , (mg/l)	4,947-9,731	7,339	-
Mg, (mg/l)	14-276	108	144-2,449
Zn, (mg/l)	63-99	79	-

ที่มา : * Danteravanich, S., *et al*, (2007)

การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 2
The 2nd STOU Graduate Research Conference

2. ผลการทดลองการทำปุ๋ยแห้งจากน้ำเสียยางสกิม

2.1 ลักษณะน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง การทดลองทำปุ๋ยแห้งใช้ตัวอย่างน้ำเสียจากยางสกิมที่เหมือนกัน โดยลักษณะน้ำเสียดังกล่าวแสดงดังตารางที่ 4

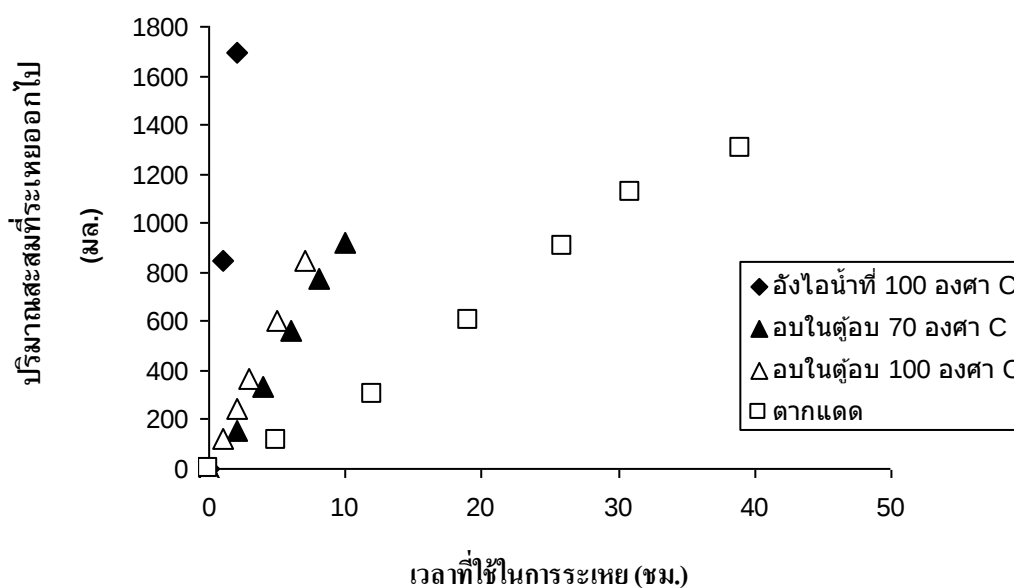
ตารางที่ 4. ลักษณะน้ำเสียจากยางสกิมที่ใช้ในการทดลองการทำปุ๋ยแห้ง

ตัวแปร	ค่า
pH	4.44
Conductivity (ds/cm)	0.17
SS, (mg/l)	615
TDS, (mg/l)	36,788
TDVS, (mg/l)	31,402
TS, (mg/l)	37,403
COD, (mg/l)	23,001
BOD,(mg/l)	10,345
NH ₃ -N, (mg/l)	557
Org-N, (mg/l)	244
TKN, (mg/l)	801
TP, (mg/l)	8.0
TK, (mg/l)	1,062
SO ₄ ⁻² , (mg/l)	7,338
Mg, (mg/l)	276
Zn, (mg/l)	75

2.2 การระเหยแห้ง: อัตราการระเหยและลักษณะของแข็งที่ได้หลังการระเหยแห้ง การศึกษาการระเหยแห้งในขั้นต้นนี้เพื่อศึกษาค่าอัตราการระเหยของน้ำเสียจากยางสกิม ภาพที่ 2 แสดงลักษณะการระเหยแห้งภายใต้เงื่อนไขการทำแห้ง 4 เงื่อนไข พบว่าการระเหยแห้งด้วยวิธีการอังไอน้ำที่ 100°C จะทำให้เกิดการระเหยแห้งได้เร็วที่สุด รองลงมา คือการอบในตู้อบที่ 100°C การอบในตู้อบที่ 70°C และการตากแดด ตามลำดับ ตารางที่ 5 แสดงค่าอัตราการระเหยของน้ำเสียยางสกิมด้วยวิธีการให้ความร้อนต่าง ๆ ทั้งนี้ดำเนินการคำนวณจากความสัมพันธ์ทางสมการคณิตศาสตร์ ในรูปสมการเส้นตรง โดยการวิเคราะห์แบบ linear regression ซึ่งมีรูปสมการคือ $Y = aX + b$ โดยที่ Y คือ ค่าปริมาณของน้ำเสียที่ระเหยไป มีหน่วยเป็นมล. และ a คือ ค่าคงที่ของการระเหย (มล./ชม.) และ X คือ ค่าเวลาการระเหย มีหน่วยเป็นชั่วโมง

ผลของอัตราการระเหยแห้งของทั้ง 4 วิธี แสดงให้เห็นว่าการใช้ความร้อนด้วยการอังด้วยไอน้ำ การใช้ตู้อบ 100°C การใช้ตู้อบ 70°C และการตากแดด จะให้ค่าอัตราการระเหยคือ 848.2, 121.2, 92.7 และ 33.8 มล./ชม. ตามลำดับ โดยภาชนะที่ใช้ในการระเหยมีพื้นที่ผิว 606 ตารางเซนติเมตร

ลักษณะทางกายภาพของกากของแข็งที่ได้จากการระเหยแห้งด้วยวิธีการให้ความร้อนทั้ง 4 วิธีข้างต้น พบว่าตัวอย่างของแข็งที่ได้จากให้ความร้อนจากตู้อบ 100°C จะได้ของแข็งที่มีสีน้ำตาล-ดำ (มีลักษณะเกิดการไหม้) และจับตัวเป็นก้อนแข็ง ตัวอย่างของแข็งจากการให้ความร้อนจากตู้อบ 70°C จะมีสีน้ำตาลอ่อน ก่อนข้างร่วนซุย แต่บางส่วนเป็นอนุภาคของเนื้อเยื่อทำให้ติดกัน และค่อนข้างเหนียว ส่วนตัวอย่างของแข็งที่ได้จากอังด้วยไอน้ำ มีลักษณะเป็นสีน้ำตาล อนุภาค อยู่ชิดติดกัน เนื้อค่อนข้างนุ่ม และเมื่อทิ้งไว้จะมีลักษณะเหมือนไม้แห้ง (แห้งด้านนอกแต่ด้านในไม่แห้ง) และตัวอย่างของแข็งที่ได้จากการตากแดดจะมีลักษณะสีน้ำตาลเข้ม มีลักษณะเหนียว เมื่อทำแห้งภายใต้การระเหยแห้งทั้ง 4 เงื่อนไขแล้วนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ลักษณะทางเคมี พบข้อมูลดังตารางที่ 6



ภาพที่ 2. ลักษณะการระเหยของน้ำเสียยางสกิมโดยใช้วิธีการให้ความร้อนที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 5. ผลการวิเคราะห์อัตราการระเหยน้ำเสียจากยางสกิมด้วยวิธีการให้ความร้อนที่ต่างกัน

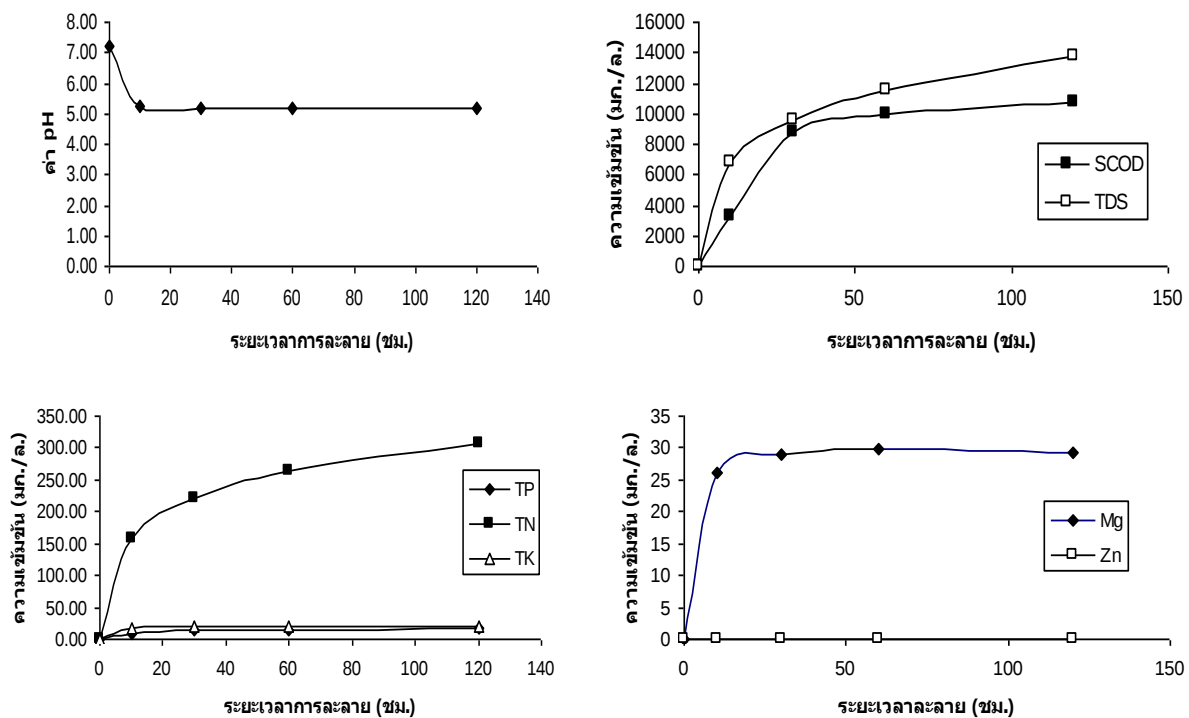
วิธีการให้ความร้อน	สมการอัตราการระเหย	R ²
การอบในตู้อบ 100 °C	Y = 121.2 X	1.00
การอบในตู้อบ 70 °C	Y = 92.7 X	0.99
การอังไอน้ำที่ 100 °C	Y = 848.2 X	1.00
การตากแดด	Y = 33.8 X	0.98

ตารางที่ 6. ลักษณะทางเคมีของวัสดุแห้งที่ได้จากการทำแห้งน้ำเสียยางสกิมภายใต้การทำแห้งที่ศึกษา

วิธีการทำแห้ง	pH	ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	VS (%)	Ash (%)	TN (%)	TP (%)	TK (%)	Mg (%)	Zn (%)
อบในตู้อบ 100 °C	4.68	37.40	39.87	60.13	7.45	1.81	5.46	0.19	0.30
อบในตู้อบ 70 °C	4.83	38.80	43.75	56.25	7.19	3.79	4.21	0.12	0.23
อังไอน้ำที่ 100 °C	4.31	48.40	36.45	63.55	6.92	1.39	3.06	0.11	0.39
การตากแดด	4.46	51.10	21.71	78.29	6.87	1.74	2.79	0.11	0.19

ข้อมูลจากตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างแห้งที่ได้จากน้ำเสียยางสกิมที่มีการทำแห้งด้วยการอบในตู้อบที่ 70°C ให้ค่า pH สูงสุด มีค่าการนำไฟฟ้าค่อนข้างต่ำ มีค่า N และ K ค่อนข้างสูง และให้ค่า P สูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างแห้งที่ได้จากการอบในตู้อบ 100°C การอังไอน้ำที่ 100°C และการตากแดด จากผลการทดลองการระเหยแห้งที่ได้ข้างต้นทั้งทางด้านกายภาพและเคมี ได้นำมาเป็นข้อมูลในการพิจารณาการทดลองต่อ โดยได้เลือกใช้ตัวอย่างที่ทำแห้งด้วยการใช้ความร้อนจากตู้อบที่ 70°C ไปทำการทดลองการละลายต่อไป

2.3 ลักษณะการชะละลายออกของวัสดุที่ได้จากน้ำเสียจากยางสกิมที่ทำแห้งแล้ว การทดลองได้ใช้ตัวอย่างที่ทำแห้งด้วยวิธีการอบที่ 70°C ในตัวอย่างที่เตรียมจากน้ำเสียยางสกิมมาทดสอบการชะละลายออก พบลักษณะการละลายออกดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3. ลักษณะการละลายออกของวัสดุแห้งที่ได้จากการทำแห้งของน้ำเสียยางสกิมโดยอบในตู้อบที่ 70 °C

พบว่าวัสดุแห้งที่เตรียมได้เมื่อนำไปทำการละลายด้วยน้ำกลั่น ในช่วง 10-20 นาทีแรกของการละลาย มวลสาร ต่าง ๆ จากวัสดุแห้งจะมีการถูกละลายออกสู่มวลน้ำที่ใช้ทำละลายอย่างรวดเร็ว และเมื่อทำการละลายนาน 2 ชั่วโมง สารละลายที่ได้มีค่า pH เท่ากับ 5.2 มีค่า SCOD และ TDS เท่ากับ 10,800 และ 13,790 มก./ล. และมีค่าสารอาหารพืชใน เทอมของ N, P, K เท่ากับ 306.8, 17.17 และ 21.4 มก./ล. ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่า มีค่า Mg และ Zn เท่ากับ 29.22 และ 0.009 มก./ล. และหากพิจารณาร้อยละของมวลในเทอมของ N, P, K ที่ละลายออกจากวัสดุแห้งจากน้ำเสียขงสกิม พบว่า การชะออกของธาตุ N เกิดได้มากที่สุดเท่ากับ 21 % รองลงมาคือ K เท่ากับ 2.55% และ P เท่ากับ 2.26%

อภิปรายผลการวิจัย

น้ำเสียจากขงสกิมมีค่าเป็นกรด สาเหตุเพราะโรงงานน้ำยางข้นมีการใช้กรด H_2SO_4 ในการจับตัวของยาง การศึกษาครั้งนี้พบว่า มีอัตราการผลิตน้ำเสียจากขงสกิมที่ไม่แตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษามีรายงานในอดีต ดังเช่น พงศ์รินทร์ ปรานนคร (2543) ได้รายงานว่าอัตราการเกิดน้ำเสียจากกระบวนการขงสกิมซึ่งดำเนินการแบบ batch มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 135 ลบ.ม./วัน หรือคิดเป็นอัตราการเกิดน้ำเสียต่อหน่วยวัตถุดิบที่ใช้เท่ากับ 0.91 ลบ.ม./ตันน้ำยางสด/วัน (ค่าเฉลี่ย) นอกจากนี้วันชัย ขอดแก้ว (2540) ได้ระบุว่าอัตราการเกิดน้ำเสียของขงสกิมของโรงงานน้ำยางข้นมีค่าเท่ากับ 24.91 ลบ.ม./ตันผลผลิต และรายงานจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม (2551) ได้ระบุว่าน้ำเสียในการผลิตขงสกิม มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.91 ลบ.ม./ตันผลผลิตขงสกิมเปลือก

ลักษณะน้ำเสียจากขงสกิมที่ได้ศึกษาในครั้งนี้ พบว่ามีค่าที่ใกล้เคียงกับที่มีการศึกษาและรายงานในอดีต เช่น พงศ์รินทร์ ปรานนคร (2543) รายงานว่าน้ำเสียจากขงสกิม มีค่า pH ในช่วง 3.69-3.97 (เฉลี่ยเท่ากับ 3.82) มีค่าอุณหภูมิ ในช่วง 28.2-28.9°C (เฉลี่ยเท่ากับ 28.6°C) SS มีค่าในช่วง 680-950 มก./ล. (เฉลี่ย 874 มก./ล.) มีค่าความขุ่นในช่วง 260-350 NTU (เฉลี่ย 304 NTU) ค่าซัลเฟตในช่วง 4,335-5,147 มก./ล. (เฉลี่ย 4,710 มก./ล.) COD ในช่วง 10,764-13,983 มก./ล. (เฉลี่ย 12,367 มก./ล.) และค่า BOD ในช่วง 7,950-11,100 มก./ล. (เฉลี่ย 9,600 มก./ล.) นอกจากนี้พบว่า Danteravanich S., *et al.*, (2007) ได้รายงานผลจากการศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตขงสกิมของ โรงงานผลิตน้ำยางข้นในจังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่า ในน้ำเสียจากกระบวนการผลิตขงสกิมมีค่า pH เป็นกรดมากเฉลี่ย เท่ากับ 4.10 มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 27.8 °C มีค่า SS เฉลี่ยเท่ากับ 787 มก./ล. มีค่า TDS เฉลี่ยเท่ากับ 29,905 มก./ล. มีค่า TS เฉลี่ยเท่ากับ 30,692 มก./ล. มีค่า BOD เฉลี่ยเท่ากับ 12,513 มก./ล. มีค่า COD เฉลี่ยเท่ากับ 20,206 มก./ล. มีค่า NH_3-N ระหว่าง 406-2,834 มก./ล. หรือคิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,698 มก./ล. มีค่า Org-N เฉลี่ยเท่ากับ 634 มก./ล. มีค่า TKN เฉลี่ย เท่ากับ 2,331 มก./ล. มีค่า TP เฉลี่ยเท่ากับ 15มก./ล. มีค่า Mg เฉลี่ยเท่ากับ 1,147 มก./ล. ข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าน้ำเสีย จากขงสกิมประกอบด้วยสารอาหารพืชที่มีประโยชน์ หากมีวิธีการที่เหมาะสมในการนำน้ำเสียจากกระบวนการผลิตขง สกิมมาใช้ประโยชน์ได้ ก็จะส่งผลต่อการสร้างมูลค่าจาก by product หรือน้ำเสียดังกล่าวได้ รวมทั้งช่วยแก้ปัญหามลพิษทาง น้ำที่จะเกิดขึ้นจากโรงงานขงสกิม และเมื่อทำการทดสอบการระเหยน้ำเสียจากขงสกิม พบว่าการอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาที่ไม่มาก และมีลักษณะของวัสดุที่ได้ที่ไม่ไหม้ ไม่มีความชื้นหลงเหลืออยู่ภายในตัววัสดุ ซึ่งจะทำให้ สามารถเก็บรักษาได้นาน และจากการศึกษาคุณลักษณะทางเคมี ก็พบว่าปริมาณสารอาหารที่พืชต้องการอยู่ในปริมาณที่ ก่อนข้างมากกว่าการทำแห้งด้วยวิธีอื่น การทำแห้งด้วยวิธีการอบแห้งที่ 70°C มีข้อสังเกตว่าตัวอย่างที่ทำแห้งจะมีค่า P สูง กว่าตัวอย่างที่ทำแห้งด้วยวิธีการอื่น นอกจากนี้พบว่าลักษณะของตัวอย่างที่ได้ทำแห้งแล้วด้วยวิธีการอังไอน้ำ เมื่อเก็บไว้ซัก ระยะเวลาจะมี ลักษณะที่เหมือนดูความชื้นมาอยู่ในตัวมากขึ้น และขณะอบแห้งจะมีลักษณะเกิดเป็นแผ่นฟิล์มคลุมอยู่ ซึ่งมี ลักษณะยืดหยุ่นคล้ายยาง โดยคาดว่าเป็นเนื้อเยื่อที่ปนเปื้อนในน้ำเสียที่อาจเกิดการแยกตัวออกจากสารของแข็งอื่นที่มีอยู่ใน

The 2nd STOU Graduate Research Conference

วัสดุที่ได้ทำแห้ง นอกจากนี้พบว่าวัสดุแห้งที่เตรียมได้เมื่อนำไปทำการละลายด้วยน้ำกลั่น เมื่อละลายแล้วยังให้ค่า pH เป็นกรด สำหรับค่า TDS, COD และค่า N ในสารละลายที่ได้ พบว่ามีลักษณะคล้ายคลึงกัน โดยมีการละลายออกได้มากที่สุด ส่วนการละลายออกของ P และ K พบว่ามีความแตกต่างจาก COD, TDS และ N โดยพบว่า P และ K ละลายออกได้น้อยกว่า N นอกจากนี้พบว่า สารละลายที่ได้ ยังมีค่า Mg และ Zn การปนเปื้อนของ Mg และ Zn ในน้ำเสียจากยางสกิมมาจากส่วนที่ละลายในชีรัมของน้ำยางและการเติม สารเคมีของ DAP และ ZnO เพื่อรักษาคุณภาพน้ำยาง

ข้อเสนอแนะ

เมื่อประมวลผลที่ได้จากการทดลองทั้งที่การทดลองการทำแห้งน้ำเสิวยางสกิมด้วยวิธีต่าง ๆ การศึกษาลักษณะของ วัสดุทำแห้งที่ได้ ลักษณะการชะละลายของตัวอย่างที่ทำแห้ง พบว่าการใช้น้ำเสิวยางสกิมที่ทำแห้งด้วยการอบที่ 70°C จะเป็นตัวอย่างที่เหมาะสมที่จะใช้เตรียมเพื่อการเป็นปุ๋ยแห้งได้ เพราะเมื่อทำแห้งแล้วมีลักษณะทางกายภาพที่มีจุดอ่อนน้อยที่สุด และมีลักษณะทางเคมีที่ดี คือมีสารอาหารพืชทั้ง 3 คือ N, P, K ที่ค่อนข้างสูง และเมื่อนำไปละลายน้ำก็สามารถปลดปล่อยหรือละลายให้ค่า N, P, K ซึ่งเป็นธาตุอาหารพืชหลักออกมาได้ รวมทั้งให้ค่าธาตุอาหารพืชรองเช่น Mg และ Zn อย่างไรก็ดีตามเมื่อละลายน้ำ จะให้ค่าการปนเปื้อนของ COD และ TDS ค่อนข้างสูง ในด้านการใช้งานน่าจะเหมาะต่อการนำไปใช้เป็นปุ๋ยแห้งทดแทนปุ๋ยเคมีในการปลูกพืชได้ แต่ควรมีการศึกษาทดลองเพิ่มเติมก่อนนำไปใช้งานจริง โดยทำการศึกษาทดสอบกับพืชต่าง ๆ ก่อน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางชันที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและตัวอย่างน้ำเสิวยางสกิมเพื่อสนับสนุน งานวิจัย ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัย และโครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากชุดโครงการวิจัยเรื่อง การประเมินศักยภาพของปุ๋ยหมักในภาคใต้: กรณีศึกษาในจังหวัดสุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช พัทลุง และสงขลา ซึ่งเป็นโครงการวิจัยที่ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2553

เอกสารอ้างอิง

- กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2551) “โครงการสร้างความเข้มแข็งในการเฝ้าระวังเพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษจากโรงงานในพื้นที่ที่มีความเปราะบางด้านสิ่งแวดล้อม” (รายงานฉบับสมบูรณ์)
- พงศ์รินทร์ ปรามนคร (2543) “การบำบัดน้ำเสียขั้นต้นโดยวิธีการลอยตัวของตะกอนในบ่อดักยางสำหรับการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตน้ำยางชัน” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- วันชัย แก้วยอด (2540) “การตรวจสอบการจัดการน้ำเสียโรงงานยาง กรณีศึกษาในจังหวัดสงขลา” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สมทิพย์ คำนวณวิชย์ อุดมผล พิชน์ไพบูลย์ จรรย์ บุญกาญจน์ เสาวลักษณ์ รุ่งตะวันเรืองศรี นิทัศน์ เพราแก้ว อัญญา หิรัญรักษ์ สุวลักษณ์ วิสุนทร วิบูลย์ ป้องกันภัย และนฤเทพ บุญเรืองขาว (2545) “การตรวจสอบการจัดการของเสียโรงงานน้ำยางชัน” โครงการวิจัย 05011505 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

The 2nd STOU Graduate Research Conference

- AOAC (1990). Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemists, 15th ed., USA: AOAC, Inc.
- APHA, AWWA and WEF (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21sted., New York: American Public Health Association
- Danteravanich, S., Chalermpong, I., Sridang, P., and Wisunthorn, S. (2007) “Preliminary oncentration of skim latex and its wastewater use plate sheet microfiltration” J. Applied Membrane Science& Technology, Vol.6, December 2007, P 27-34.
- Ibbrahim. A. B. (1982) “Treatment and Utilization of Rubber Factory Effect” RRIM. Training Manual and National Rubber Processing.