

รูปแบบรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ แบบที่ 2 (สำหรับโครงการเดี่ยวหรือโครงการย่อย)

---

ส่วนที่ 1 หน้าปก

## รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การใช้ประโยชน์จากของเสียอุตสาหกรรมยางพาราในการผลิตปุ๋ยหมัก

(Utilization of Waste from Para Rubber Industry to Produce Compost)

คณะนักวิจัย

ดร.จุฑารัตน์ เอี้ยวกฤตยากร

รองศาสตราจารย์ ดร.จันทิมา ชั่งสิริพร

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินรายได้มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ประจำปีงบประมาณ 2557 รหัสโครงการ SCI570644S

## ส่วนที่ 2 เนื้อหา ประกอบด้วย

### 1. ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การใช้ประโยชน์จากของเสียอุตสาหกรรมยางพาราในการผลิตปุ๋ยหมัก

(ภาษาอังกฤษ) Utilization of Waste from Para Rubber Industry to Produce Compost

### 2. คณะนักวิจัย และหน่วยงานต้นสังกัด (คณะ/ภาควิชาหรือหน่วยงาน)

#### 1) ดร.จุฑารัตน์ เอี้ยวฤตยากร

หน่วยงานต้นสังกัด: ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพโมเลกุลและชีวสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา

#### 2) รองศาสตราจารย์ ดร.จันทิมา ชั่งสิริพร

หน่วยงานต้นสังกัด: ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา

### 3. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงบประมาณจากเงินรายได้มหาวิทยาลัย ประภทธรณาจารย์ ประจำปีงบประมาณ 2557 รหัสโครงการ SCI570644S ขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพโมเลกุลและชีวสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ และภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมืออุปกรณ์ และสถานที่ในการทำวิจัย และขอขอบคุณผู้สนับสนุนวัตถุดิบหลักในการทำวิจัย ทั้งสามแหล่งอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยจนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี แหล่งแรกคือบริษัทฉลองอุตสาหกรรมน้ำยางข้น จำกัด ตั้งอยู่ที่ 75/1 หมู่ 8 ถนนจะนะ-หนองจิก ตำบลบ้านนา อำเภोजะนะ จังหวัดสงขลา 90130 ที่ให้ความอนุเคราะห์ซีรัมน้ำยางพารา แหล่งที่สองบริษัทรัตนภูมิพาราวัตุ ตั้งอยู่ที่ 89 หมู่ 4 ตำบลท่าชะมวง อำเภอรัตนภูมิ จังหวัด สงขลา 90180 ที่ให้ความอนุเคราะห์ซีลี้อยไม้ยางพารา และแหล่งที่สามคือ ศูนย์วิจัยยางสงขลา ตั้งอยู่ที่ 9 ถนนกาญจนวนิช ตำบลคองหงส์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัด สงขลา 90110 ที่ให้ความอนุเคราะห์ใบยางพารา

#### 4. บทคัดย่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

##### บทคัดย่อ

ชีร์มัยางพาราที่ผ่านการดูดซึมแก๊สแอมโมเนียซึ่งปนเปื้อนในอากาศ ถูกนำมาหมักร่วมกับวัสดุเหลือทิ้งจากต้นยางพาราเพื่อผลิตปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพ วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ ต้องการใช้ประโยชน์ชีร์มัยางพาราที่ผ่านการดูดซึมแก๊สแอมโมเนียที่ปนเปื้อนกับอากาศ (S) มาเป็นองค์ประกอบหลักในการทำปุ๋ยหมักร่วมกับขี้เลื่อยยางพารา (W1) และใบยางพารา (W2) ซึ่งวัสดุทั้งสามชนิดจะถูกผสมในสัดส่วนที่แตกต่างกันในถังหมักปุ๋ยทั่วไปขนาด 15 ลิตรเพื่อศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสม จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (Effective Microorganisms, EM) จะถูกเติมเพื่อใช้เป็นตัวเร่งกระบวนการทำปุ๋ยหมัก ผลการทดลองพบว่าสัดส่วนที่เหมาะสมของการผสมวัสดุทั้งสามชนิดคือ 3:1:3 (S:W1:W2) โดยน้ำหนัก ใช้ระยะเวลาการหมักเท่ากับ 12 วัน คุณภาพปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ผ่านมาตรฐานปุ๋ยหมัก ซึ่งให้ค่าแร่ธาตุไนโตรเจน (Total nitrogen, N) ฟอสฟอรัส (Total phosphorus, P) และโพแทสเซียม (Total potassium, K) เท่ากับ 2.38, 1.03 และ 10.59 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักตามลำดับ ซึ่งสัดส่วนดังกล่าวจะถูกนำไปศึกษาต่อในถังหมักปุ๋ยที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยคณะผู้วิจัยขนาด 30 ลิตร ผลการหมักปุ๋ยพบว่า คุณภาพปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ผ่านมาตรฐานปุ๋ยหมักให้ค่าแร่ธาตุไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) เท่ากับ 2.40, 1.51 และ 14.84 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักตามลำดับ ปุ๋ยที่ผลิตได้ถูกนำไปทดสอบการปลูกคะน้า (*Brassica albroglabra*) 4 ชุดการทดลองดังนี้ ชุดที่ 1 ปลูกโดยใช้ดินเพียงอย่างเดียว ชุดที่ 2 ดินร่วมกับปุ๋ยหมัก ชุดที่ 3 ดินร่วมกับปุ๋ยเคมี และชุดที่ 4 ดินร่วมกับปุ๋ยหมักและปุ๋ยเคมี ผลการทดลองพบว่า ชุดการทดลองที่ 4 ให้ค่าผลได้น้ำหนักสดของผักคะน้าสูงสุดเท่ากับ 4.48 กรัมต่อต้น รองลงมาคือชุดที่ 3 (3.14 กรัมต่อต้น) ชุดที่ 2 (0.63 กรัมต่อต้น) และ ชุดที่ 1 (0.38 กรัมต่อต้น) ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปุ๋ยหมักจากของเสียอุตสาหกรรมยางพาราสามารถใช้เป็นปุ๋ยเสริมร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกพืชได้และเป็นการช่วยลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดของเสียอุตสาหกรรมยางพารา

**คำหลัก** การกำจัดของเสีย, ของเสียอุตสาหกรรมยางพารา, ชีร์มัยางพารา, ปุ๋ยหมัก, ปุ๋ย

### Abstract

Skim latex serum - used for absorption of contaminating ammonia gas - when composted with other rubber tree wastes, is promising as a good compost. The objective of this research was to utilize ammonia-absorbed serum (S) as a raw composting ingredient after being combined with para sawdust (W1) and para rubber leaves (W2). Several ratios of S, W1 and W2 were experimented in a 15L composting vessel to determine the most effective compost, while EM - effective microorganisms - were used as accelerator. The best ratio was found to be 3:1:3 by weight at 12-day retention. The qualities of the finalized compost meet the Thai Agriculture Standard's minimum requirements for compost; it contained sufficiently high amounts of the major nutrients N, P and K at 2.38, 1.03 and 10.59 %w/w. The modified 30L composting reactor employed with the derived optimum mixing conditions yielded a higher N, P and K of 2.40, 1.51 and 14.84 %w/w. Four types of test were conducted on the growth of Chinese kale: soil only, soil plus compost, soil plus chemical fertilizer, and soil plus compost and fertilizer. The fourth scenario generated the highest yield 4.48 g/plant followed by the third scenario (3.14 g/plant), the second scenario (0.63 g/plant) and the first scenario (0.38 g/plant). Thus, compost from concentrated rubber latex industry could be employed in conjunction with chemical fertilizer to promote better agricultural growth, and logically should contribute to cost saving of latex industry waste disposal.

**Keywords** compost, fertilizer, rubber industry waste, skim latex serum, waste disposal

## 6. บทสรุปผู้บริหาร (Executive Summary) ประกอบด้วย

### 6.1 บทนำ

ยางพาราถือเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทยที่สามารถสร้างรายได้และดุลการค้าให้กับประเทศเป็นเงินจำนวนมาก ผลิตภัณฑ์จากยางพาราที่ส่งออก ได้แก่ ยางแผ่นรมควัน ยางแท่งมาตรฐาน ไม้ยางพารา และน้ำยางข้น เป็นต้น (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2544) โดยประเทศไทยเป็นทั้งผู้ผลิตและส่งออกยางพาราเพื่อการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติอันดับต้นของโลก (สถาบันวิจัยยาง, 2547) ส่งผลให้อุตสาหกรรมยางพาราในประเทศไทยมีการแข่งขันสูง โดยเฉพาะอุตสาหกรรมผลิตน้ำยางข้นที่ผลิตน้ำยางเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมต่างๆ เช่นยางรถยนต์ ถุงมือยาง และถุงยางอนามัย เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นนั้นมีการเติมแก๊สแอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) ความเข้มข้น 0.15% โดยน้ำหนักน้ำยาง เพื่อช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในน้ำยางสด (วิภาวี, 2554) และเพื่อช่วยรักษาสภาพน้ำยางสดไว้ไม่ให้จับตัวกันเป็นตะกอน ทำให้สามารถเก็บรักษาน้ำยางได้ 1-2 วัน ซึ่งพบว่าการเติมแอมโมเนียลงไปนั้นน้ำยางสดก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศจากไอระเหยของแก๊สแอมโมเนีย ซึ่งมีความจำเป็นต้องแก้ปัญหามลพิษอย่างเร่งด่วน และหากสามารถนำแอมโมเนียในอากาศเสียนี้กลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ก็จะเป็นการลดการปล่อยแก๊สพิษออกสู่บรรยากาศและช่วยเพิ่มมูลค่าให้แก่ของเสียของโรงงานผลิตน้ำยางข้นได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังพบว่าในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นจากน้ำยางสดนั้นยังก่อให้เกิดน้ำเสียหรือที่เรียกว่าซีรัมน้ำยางพารา (Skim latex serum) อีกด้วย น้ำเสียดังกล่าว มีฤทธิ์เป็นกรดได้จากกระบวนการเติมกรดซัลฟูริกในขั้นตอนการแยกเนื้อยางออกจากหางน้ำยาง (Skim latex) หากปล่อยซีรัมน้ำยางพาราเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียจะทำให้เกิดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ ( $\text{H}_2\text{S}$ ) ในระบบบำบัดน้ำเสียและระบบผลิตแก๊สชีวภาพ

ปัจจุบันแนวทางแก้ไขปัญหามลพิษของเสียทั้งสองส่วนยังไม่ได้รับการจัดการที่เหมาะสม การใช้ซีรัมน้ำยางพาราซึ่งมีสถานะเป็นกรดมาจับแอมโมเนียในอากาศเสียนั้นเพื่อแก้ปัญหามลพิษจากแอมโมเนียจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่ทำให้ประสิทธิภาพสูง และพบว่าของเสียที่เกิดขึ้นใหม่หลังการดูดซึมแก๊สแอมโมเนียส่วนใหญ่เป็นสารประกอบในรูปของแอมโมเนียมซัลเฟต ( $\text{NH}_4\text{SO}_4$ ) ซึ่งเป็นมีคุณสมบัติในการนำไปผลิตปุ๋ยแทนการปล่อยของเสียดังกล่าวลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย เพราะจะยิ่งก่อให้เกิดปัญหาแก่ระบบบำบัดน้ำเสียมากขึ้น ดังนั้นแนวทางการนำซีรัมน้ำยางพาราที่ผ่านการดูดซึมแก๊สแอมโมเนียนี้มาใช้ในการผลิตปุ๋ยในรูปปุ๋ยหมักจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะส่งเสริมการแก้ปัญหามลพิษทางอากาศและทางน้ำได้พร้อมๆ กัน รวมถึงเป็นการเพิ่มมูลค่าและใช้ของเสียให้เกิดประโยชน์ และเนื่องจากซีรัมน้ำยางพารามีปริมาณคาร์บอนอยู่น้อยไม่เหมาะสมต่อการผลิตปุ๋ยหมักจึงต้องมีการหมักร่วมกับวัสดุเหลือใช้อื่นๆ ที่มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูง เช่น ใบยางพาราที่ร่วงหล่นตามสวนยางและขี้เลื่อยไม้ยางพาราจากการเลื่อยซอยไม้ เป็นต้น โดยปกติกระบวนการผลิตปุ๋ยหมักจะใช้ระยะเวลาสั้นเพื่อย่อยสลายซากอินทรีย์วัตถุและปรับสภาพ pH รวมถึงความร่วนซุยของปุ๋ย การพัฒนาถึง

หมักปุ๋ยที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุเพื่อช่วยลดระยะเวลาในการผลิตปุ๋ยหมักจึงเป็นอีกประเด็นที่น่าสนใจ รวมถึงการเติมสารชีวภาพที่มีจุลินทรีย์ช่วยย่อยสลายเป็นองค์ประกอบ เนื่องจากจุลินทรีย์จากสารชีวภาพเหล่านี้ มีความสามารถในการปรับสภาพความสมดุลของสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ปรับสภาพความเป็นกรด เป็นด่างในแหล่งดินและน้ำเสีย ปรับสภาพดินให้ร่วนซุย ช่วยย่อยซากอินทรีย์วัตถุเพื่อใช้ในการผลิตปุ๋ย โดยจุลินทรีย์จะใช้สารอินทรีย์ในแหล่งน้ำ ดิน หรืออินทรีย์วัตถุเป็นแหล่งอาหารเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต

นอกจากนี้ เกษตรกรผู้ปลูกพืชผักสวนครัวมีค่าใช้จ่ายในการซื้อปุ๋ยเคมีและปุ๋ยชนิดต่างๆ เป็นเงินจำนวนมากในการเพาะปลูกและดูแลรักษาพืชผัก ทำให้ต้นทุนด้านปุ๋ยกลายเป็นประเด็นสำคัญที่ส่งผลต่อต้นทุนในการทำสวนผักสวนครัวเป็นอย่างมาก อีกทั้งยังพบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกพืชจะส่งผลให้ดินเสื่อมคุณภาพและขาดอินทรีย์วัตถุที่ช่วยปรับสภาพดินในระยะยาวอีกด้วย จากปัญหาดังกล่าวจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจในการนำเอาของเสียจากสารธรรมชาติที่เกิดขึ้นจากการผลิตและแปรรูปยางพาราในระดับอุตสาหกรรมที่มีปริมาณมากมาใช้ในการผลิตปุ๋ยหมักด้วยกระบวนการที่เหมาะสม รวดเร็ว และสะดวกในการนำไปใช้งาน เพื่อส่งคืนสารที่ได้มาจากผลผลิตต้นยางพาราสู่ธรรมชาติโดยการนำไปปลูกพืชผัก แต่อย่างไรก็ตามพบว่าปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ส่วนใหญ่มีธาตุอาหารหลักปริมาณน้อยจึงจำเป็นต้องใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีแบบผสมผสาน เพื่อปรับปรุงดินและเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซึมธาตุอาหารของพืช ซึ่งสามารถช่วยแก้ปัญหาทั้งเรื่องค่าใช้จ่ายและปัญหาสภาพของพื้นดินในการปลูกยางในระยะยาวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โครงการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำของเสียจากอุตสาหกรรมยางพาราโดยเฉพาะซีรัมน้ำยางพาราที่ผ่านการดูดซึมแก๊สแอมโมเนียมาใช้ประโยชน์เพื่อผลิตเป็นปุ๋ยหมักร่วมกับขี้เลื่อยไม้ยางพารา และใบยางพาราเพื่อใช้ในการเกษตร ด้วยการศึกษาร่วมกันของซีรัมน้ำยางพาราที่ผ่านการดูดซึมแก๊สแอมโมเนีย ขี้เลื่อยไม้ยางพารา และใบยางพาราที่จะเอื้อต่อการผลิตปุ๋ยหมัก ทำการออกแบบและสร้างชุดทดลองหมักปุ๋ยชีวภาพด้วยถังหมักที่มีระบบป้อนอากาศเข้าขนาด 30 ลิตร สำหรับศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตปุ๋ยหมักจากของเสียทั้ง 3 ชนิด รวมถึงทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนต่อไนโตรเจนและธาตุอาหารหลัก N, P และ K และการใช้ปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ต่อการเจริญเติบโตของพืชผักสวนครัว ซึ่งงานวิจัยนี้จะเกิดประโยชน์ทั้งในด้านวิชาการสำหรับการตีพิมพ์ผลงานในวารสารวิชาการและการนำไปใช้ประโยชน์ของอุตสาหกรรมยางพาราสำหรับการจัดการอากาศเสียควบคู่ไปกับการกำจัดน้ำเสีย นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับของเสียจากอุตสาหกรรมยางพาราและเป็นการส่งสารที่ได้จากธรรมชาติกลับคืนสู่ธรรมชาติ

## 6.2 วัตถุประสงค์

- 1) ศึกษาการผลิตปุ๋ยหมักจากซีรุ่มน้ำยางพาราที่ผ่านการดูดซึมแก๊สแอมโมเนียเพื่อลดการปลดปล่อยของเสียออกสู่สิ่งแวดล้อมร่วมกับเศษชีวมวลชนิดขี้เลื่อยไม้ยางพาราและใบยางพาราที่เป็นของเสียจากต้นยางพารา
- 2) ออกแบบและสร้างถังหมักปุ๋ยชีวภาพ
- 3) ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ต่อการเจริญเติบโตของพืชผักสวนครัว

## 6.3 สรุปผลการทดลอง

1) การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบตั้งต้นที่ใช้ผลิตปุ๋ยหมักซึ่งได้จากของเสียอุตสาหกรรมยางพารา ซีรุ่มน้ำยางพาราที่ผ่านการดูดซึมแก๊สแอมโมเนียถูกเตรียมขึ้นโดยการผสมซีรุ่มยางพารากับสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) จนได้ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียเท่ากับ 2800 g/L ซึ่งเป็นค่าความสามารถสูงสุดของซีรุ่มน้ำยางพาราที่สามารถดูดซึมแก๊สแอมโมเนียได้ (Pang et al., 2014) ขี้เลื่อยไม้ยางพารา และใบยางจากสวนยาง ถูกนำมาลดขนาดให้อยู่ในช่วง 3.0-5.0 cm ซึ่งเป็นขนาดที่เหมาะสมในการนำมาผลิตปุ๋ยหมัก (Rabbani et al. 1983) ก่อนนำมาผสมกับซีรุ่มน้ำยางพาราที่ผ่านการดูดซึมแก๊สแอมโมเนีย ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีวัตถุดิบตั้งต้นที่ใช้หมักปุ๋ย ได้แก่ ซีรุ่มน้ำยางพาราที่ผ่านการดูดซึมแก๊สแอมโมเนีย ขี้เลื่อยไม้ยางพารา และใบยางจากสวนยาง แสดงดังตารางที่ 1 พบว่าซีรุ่มน้ำยางพาราที่ผ่านการดูดซึมแก๊สแอมโมเนียมีแร่ธาตุไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) เป็นองค์ประกอบร้อยละ 10.40, 0.79 และ 10.80 โดยน้ำหนัก ซึ่งผ่านค่ามาตรฐานธาตุอาหาร N P K ที่ต้องมีในปุ๋ยหมัก แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) และค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) พบว่าซีรุ่มน้ำยางพาราฯ ไม่ผ่านมาตรฐาน จึงจำเป็นต้องผสมกับวัสดุอื่นๆ เพื่อทำปุ๋ยหมักต่อไป จากการพิจารณาค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในขี้เลื่อยไม้ยางพาราพบว่ามีค่า C: N ratio เท่ากับ 178:1 จึงมีความเป็นไปได้ในการนำมาผสมกับซีรุ่มน้ำยางพาราฯ เพื่อเพิ่มค่า C:N ratio นอกจากนี้ขี้เลื่อยไม้ยางพารามีค่า N P และ K เท่ากับร้อยละ 0.22, 0.27 และ 0.23 โดยน้ำหนัก แต่เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทั้งสองชนิดพบว่ามีค่าธาตุอาหารฟอสฟอรัสต่ำ ใบยางพาราซึ่งมีค่า N P และ K เป็นองค์ประกอบร้อยละ 2.39, 1.46 และ 0.84 โดยน้ำหนัก จึงถูกนำมาผสมเพื่อเพิ่มค่าธาตุอาหารฟอสฟอรัสในการทำปุ๋ยหมัก

**Table 1** Characteristics of the raw composting materials.

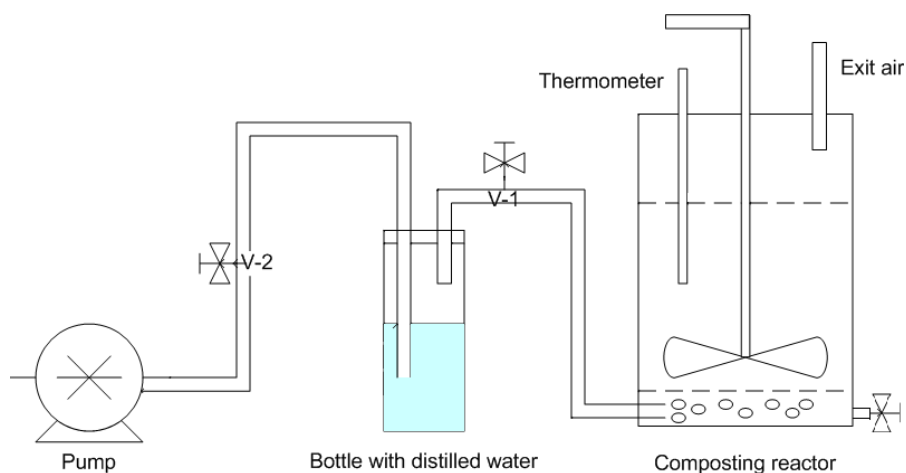
Parameter	Raw material			TAS 9503	Testing
	Ammonia-absorbed serum (S)	Para sawdust (W1)	Para rubber leaves (W2)	(2005) Criteria	method
1. pH	4.75	7.59	8.10	5.50-8.50	AOAC 973.04 (2000)
2. M (% wet basis)	100	20.59	21.10	≤ 35.0	AOAC 950.01(2000)
3. EC (dS/m)	0.5110	0.0185	0.0176	≤ 3.50	BS EN 13038 (2000)
4. TS (mg/l)	176	-	-	-	Glass Fiber Filter Disc
5. BOD (mg/l)	1,860	-	-	-	Azide Modification
6. COD (mg/l)	4,705	-	-	-	Potassium Dichromate Digestion
7. OM (%w/w)	25.73	65.96	79.11	≥ 35.00	AOAC 967.05 (2000)
8. N (%w/w)	10.4	0.22	2.39	≥ 1.00	AOAC 955.04 (2000)
9. P (%w/w)	0.79	0.27	1.46	≥ 0.50	AOAC 958.01 (2000)
10. K (%w/w)	10.80	0.23	0.84	≥ 0.50	AOAC 983.02 (2000)
11. C:N ratio	0.08:1	178.0:1	19.21:1	≤ 20.00:1	BS 7755 (1995)

Note: M is the moisture content; EC, the electrical conductivity; TS, the total solids; BOD, the biochemical oxygen demand; COD, the chemical oxygen demand; OM is the organic matter; N, the total nitrogen; P, the total phosphorus (as  $P_2O_5$ ); K, the total potassium (as  $K_2O$ ); and C:N, the ratio of carbon to nitrogen.



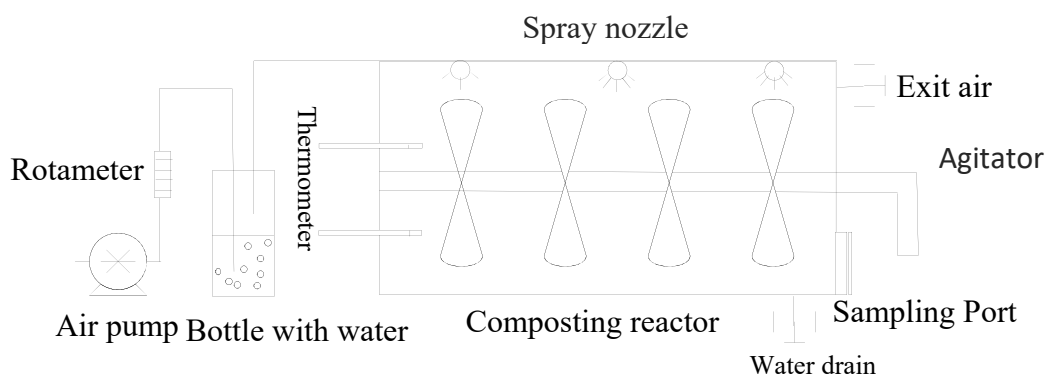
## 2) ออกแบบและสร้างถังหมักปุ๋ยชีวภาพสำหรับการผลิตปุ๋ยหมัก

จากข้อเสนอโครงการ การออกแบบเพื่อสร้างถังหมักปุ๋ยชีวภาพจะดัดแปลงจากงานวิจัยของ Petric et al. (2009) ซึ่งมีรายละเอียดดังรูปที่ 1 ถังหมักปุ๋ยจะมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกขนาด 30 ลิตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.28 เมตร สูง 0.49 เมตร สำหรับหมักปุ๋ยปริมาณ 20 กิโลกรัม มีการติดตั้งใบพัดกวนและมีระบบป้อนอากาศที่ปรับความชื้นด้วยน้ำเข้าสู่ด้านล่างของถังหมักปุ๋ย ด้านบนมีการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์และท่อระบายอากาศออกสู่ภายนอก จากแบบถังหมักปุ๋ยที่เสนอเบื้องต้นพบว่าการวางถังหมักในแนวตั้งทำให้ปุ๋ยหมักผสมกันได้ไม่ดี คณะผู้วิจัยจึงได้แก้ไขแบบและจัดสร้างถังหมักเป็นแนวนอนรายละเอียดดังรูปที่ 2 ถังหมักปุ๋ยทำจะมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกทำด้วยเหล็กกล้าพ่นสีกันสนิมขนาด 30 ลิตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.28 เมตร สูง 0.49 เมตร มีการติดตั้งใบพัดกวนแนวนอนและมีระบบป้อนอากาศที่สามารถควบคุมอัตราการไหลด้วยชุดอุปกรณ์โรตารีมิเตอร์ (rotary meter) และอากาศสามารถปรับความชื้นได้โดยจะให้อากาศไหลผ่านน้ำในกล่องพลาสติกด้านล่างก่อนเข้าสู่ด้านบนของถังหมักปุ๋ยโดยผ่านหัวสเปรย์ฉีด



**Figure 1.** Schematic diagram of the composting reactor

modified from Petric et al. (2009)



(a) Schematic diagram



(b) Composting reactor

Figure 2. Composting reactor.

### 3) การศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการผลิตปุ๋ยหมักจากของเสียอุตสาหกรรมยางพารา

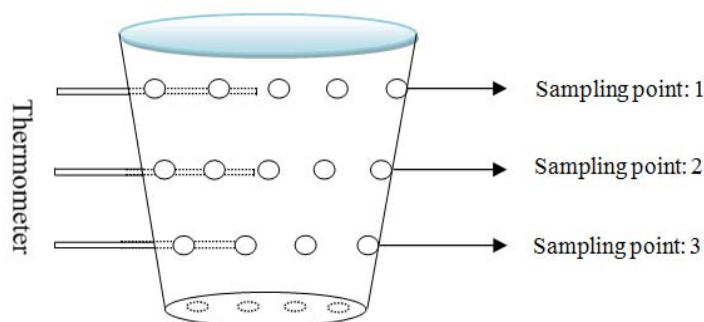
ในการทดลองจะทำการหมักปุ๋ยโดยใช้ชีร้มน้ำยางพาราที่ผ่านการดูดซึมแก๊สแอมโมเนีย (S) กับชี้เลื้อยไม้ยางพารา (W1) และใบยางพารา (W2) ด้วยสัดส่วนที่แตกต่างกัน 12 ชุดการทดลองแสดงดังตารางที่ 2 เพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมในการทำปุ๋ยหมัก โดยแต่ละชุดการทดลองจะถูกทำ 3 ซ้ำพร้อมกัน และทุกชุดการทดลองจะมีการเติมจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (EM) 10% โดยน้ำหนัก หลังจากนั้นจะนำสัดส่วนดังกล่าวใช้ในการหมักปุ๋ยในถังหมักขนาด 30 ลิตรที่พัฒนาขึ้นดังรูปที่ 2 การทดลองเพื่อหาสถานะที่เหมาะสมวัสดุทั้งสามจะถูกหมักในถังพลาสติกทรงกรวยตัดขนาด 15 ลิตร แสดงดังรูปที่ 3 เส้นผ่านศูนย์กลางด้านบนของถังเท่ากับ 300 mm เส้นผ่านศูนย์กลางด้านล่างของถังเท่ากับ 200 mm ส่วนสูงของถังเท่ากับ 302 mm ถังหมักจะถูกเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm รอบตัวถัง และด้านล่าง 4 รูเพื่อระบายน้ำ ด้านบนจะถูกปิดด้วยแผ่นพลาสติก ด้านข้างถังจะเจาะรูสำหรับเสียบเทอร์โมมิเตอร์เพื่อวัดอุณหภูมิตลอดระยะเวลาการหมัก ทำการวัดค่า pH อุณหภูมิ ค่าการนำไฟฟ้า ความชื้น ทุกวัน ควบคุมความชื้นให้อยู่ในช่วง 50-60% โดยน้ำหนักเปียก ใน

การหมักปุ๋ยจะใช้ไม้พ่ายกวนปุ๋ยและพรมน้ำหากความชื้นของปุ๋ยต่ำกว่า 50% โดยน้ำหนักเปียก ตัวอย่างปุ๋ยหมักจะถูกเก็บจากถังหมักสามจุดที่ระดับความลึกแตกต่างกันแล้วนำมาผสมกันเพื่อวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic matter, OM), ปริมาณไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P) ในรูป  $P_2O_5$ , โพแทสเซียม (K) ในรูป  $K_2O$  และปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ตามวิธีการ AOAC 967.05 (2000), AOAC 955.04 (2000), AOAC 958.01 (2000), AOAC 983.02 (2000) และ BS 7755 (1995) ตามลำดับ ทุก 4 วัน และหยุดการหมักเมื่อค่า C:N ratio น้อยกว่าหรือเท่ากับ 20:1 ซึ่งตัวอย่างทั้งหมดจะถูกวิเคราะห์โดยหน่วยเครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์ ม.สงขลานครินทร์

**Table 2** Mixing ratio of composting materials

Experiment	Composting material	Mixing ratio (by weight)
1	W1:W2	1:1
2	S:W1	1:1
3	S:W2	1:1
4	S:W1:W2	1:1:3
5	S:W1:W2	1:2:2
6	S:W1:W2	1:3:1
7	S:W1:W2	2:1:3
8	S:W1:W2	2:2:2
9	S:W1:W2	2:3:1
10	S:W1:W2	3:1:3
11	S:W1:W2	3:2:2
12	S:W1:W2	3:3:1

Notes: S denotes ammonia absorbed serum; W1, para sawdust; W2, para rubber leaves.



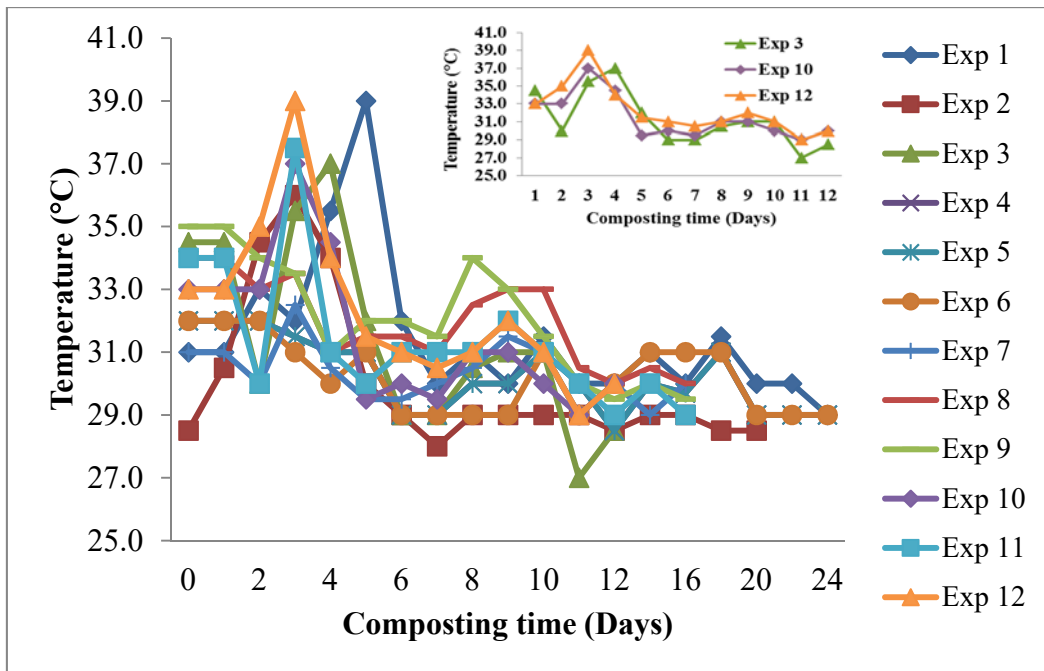
(b) Schematic diagram of composting vessel



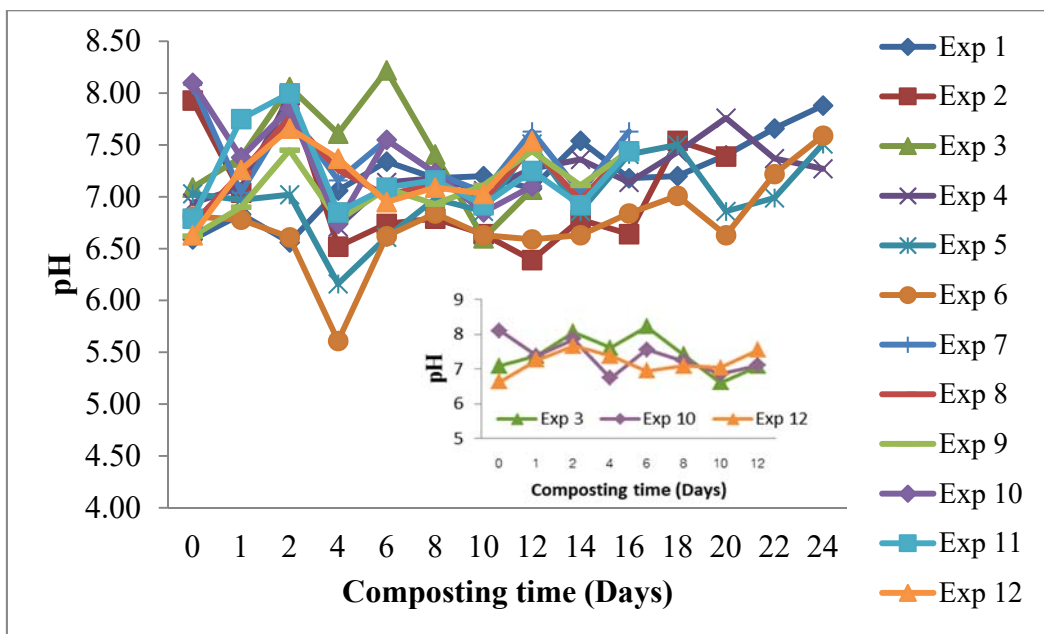
(c) Composting vessel

**Figure 3.** Composting vessel.

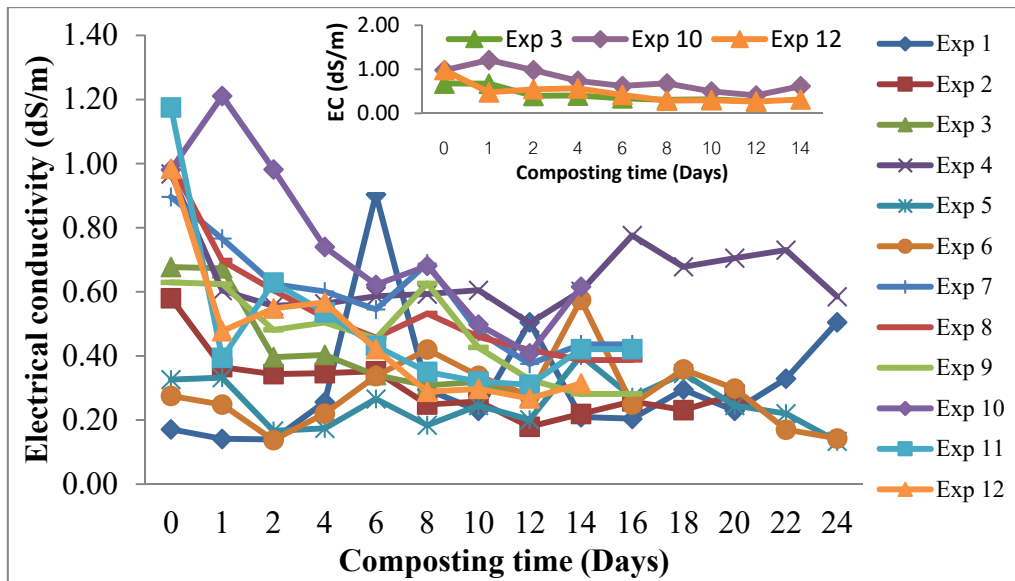
ผลการวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิ pH และค่าการนำไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 4 พบว่าค่าอุณหภูมิอยู่ในช่วง 27-35 °C ซึ่งเหมาะสมต่อการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่ชอบความร้อนปานกลาง (mesophilic range) (15-40°C) ค่า pH อยู่ในช่วง 5.5-8.3 และค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 0.10-0.12 dS/m และผลการวิเคราะห์อัตราส่วนปริมาณอินทรีย์คาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ที่ระยะเวลาต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 3 พบว่าค่าอัตราส่วน C:N ratio ในชุดการทดลองที่ 3, 10 และ 12 มีค่าใกล้เคียง 20:1 ในวันที่ 12 ของการหมักปุ๋ยและเมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และ โพตัสเซียม (K) ที่ระยะเวลาเริ่มต้นหมักกับสิ้นสุดระยะเวลาหมักแสดงดังตารางที่ 4 พบว่าค่าแร่ธาตุฟอสฟอรัสในชุดการทดลองที่ 12 ไม่ผ่านมาตรฐานปุ๋ยหมัก และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณค่า N, P และ K ในชุดการทดลองที่ 3 (N:P:K เท่ากับ 1.82: 0.96: 8.79 %w/w) และชุดการทดลองที่ 10 (N:P:K เท่ากับ 2.38: 1.03: 10.59 %w/w) พบว่าชุดการทดลองที่ 10 ให้ค่าแร่ธาตุ N, P และ K สูงกว่า ดังนั้นจึงเลือกสัดส่วนการผสมวัตถุดิบจากชุดการทดลองที่ 10 คือ S:W1:W2 เท่ากับ 3:1:3 ไปทำการหมักปุ๋ยในถังหมักปุ๋ยขนาด 30 ลิตร



(a) Temperature versus composting time



(b) pH versus composting time



(c) Electrical conductivity (EC) versus composting time

**Figure 4.** Physico-chemical characteristics: Temperature, pH and Electrical conductivity occurring during composting process in the composting vessel.

**Table 3** C:N ratio of the compost from the composting vessel.

Exp	C:N ratio						
	Composting duration (days)						
	0	4	8	12	16	20	24
1	37.72±0.21	47.47±0.51	45.17±0.23	33.79±0.01	30.5±0.51	25.11±0.81	21.08±0.50
2	58.68±0.41	62.26±0.74	56.45±0.21	32.8±0.13	26.28±0.65	20.65±0.25	-
3	58.07±0.25	46.06±0.53	26.23±0.29	20.29±0.42	-	-	-
4	52.18±0.23	32.69±0.71	31.84±0.33	32.38±0.28	28.11±0.56	23.23±0.28	20.67±0.04
5	61.37±0.01	45.29±0.81	36.46±0.55	34.28±0.43	31.01±0.26	26.67±0.71	22.12±0.92
6	69.13±0.11	51.60±0.24	43.09±0.43	40.89±0.34	34.56±0.22	27.13±0.23	21.11±0.88
7	52.52±0.33	45.11±0.12	30.41±0.23	25.24±0.38	20.15±0.92	-	-
8	50.93±0.22	41.78±0.20	30.31±0.67	24.05±0.08	20.58±0.04	-	-
9	50.58±0.21	32.38±0.23	23.98±0.89	22.04±0.26	20.66±0.29	-	-
10	47.27±0.22	33.88±0.11	23.67±0.61	20.77±0.81	-	-	-
11	38.95±0.56	35.52±0.21	26.95±0.26	23.56±0.28	19.83±0.03	-	-
12	38.92±0.98	34.62±0.51	24.02±0.26	20.04±0.20	-	-	-

Notes: Exp denotes experiment; each C:N value recorded is a mean value from three samples  $\pm$  standard deviation (S.D).

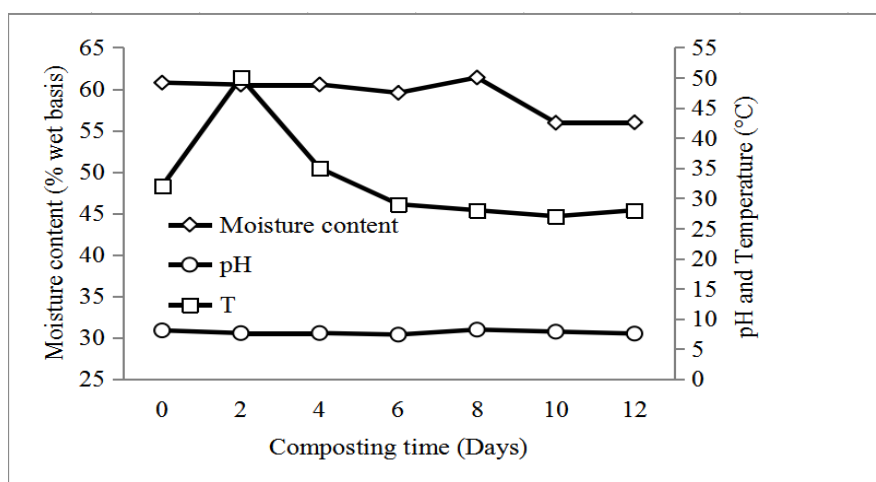
**Table 4** Physicochemical characteristics of the initial mixed composting materials and the finished compost.

Physio-chemical characteristics		OM (%w/w)	Total N (%w/w)	Total P (%w/w)	Total K (%w/w)
Experiment					
1	Initial	68.94	1.06	1.00	5.99
	Finished	74.74	2.06	1.02	5.27
2	Initial	74.87	0.74	1.02	5.08
	Finished	76.18	2.14	0.56	5.62
3	Initial	65.08	0.65	2.05	8.66
	Finished	63.67	1.82	0.96	8.79
4	Initial	74.87	0.81	0.85	3.95
	Finished	70.16	1.97	0.29	6.12
5	Initial	75.13	0.71	0.38	4.37
	Finished	67.71	1.77	0.37	4.41
6	Initial	71.51	0.73	1.11	4.78
	Finished	75.81	2.42	0.47	4.85
7	Initial	70.64	0.78	1.78	16.83
	Finished	76.08	2.19	0.68	13.22
8	Initial	72.01	0.82	1.41	8.25
	Finished	71.88	2.03	2.31	10.23
9	Initial	69.77	0.80	1.12	11.11
	Finished	71.94	2.02	0.56	9.57
10	Initial	74.98	0.92	0.59	9.48
	Finished	85.23	2.38	1.03	10.59
11	Initial	71.19	1.06	0.81	10.51
	Finished	73.77	2.08	1.44	12.06
12	Initial	77.17	1.15	0.97	9.89
	Finished	77.34	1.78	0.27	10.81
<b>Criteria of compost</b>		$\geq 30.00$	$\geq 1.00$	$\geq 0.50$	$\geq 0.50$

Note: Each value is a mean value from three samples; Exp. denotes experiment, while n/a is not applicable. Other symbols and their units can be found in Table 1.

#### 4) การการผลิตปุ๋ยหมักโดยใช้ถังหมักปุ๋ยขนาด 30 ลิตรที่พัฒนาขึ้น

ซีรัมที่ผ่านการดูดซึมแก๊สแอมโมเนีย ซึ่เลี้ยงไ้มียงพาราและไบยางพาราถูกผสมในอัตราส่วน 3:1:3 โดยน้ำหนักตามสัดส่วนที่ได้จากชุดการทดลองที่ 10 ก่อนหน้านี้ เพื่อผลิตปุ๋ยหมักน้ำหนัก 10 กิโลกรัม และมีการเติม EM ขยายส่วน 10 %โดยน้ำหนักปุ๋ยหมัก ผลการทดลองหมักปุ๋ยในถังหมักปุ๋ยที่พัฒนาขึ้นขนาด 30 ลิตรพบว่าปุ๋ยหมักเกิดการกวนผสมได้ดีกว่าถังหมักปุ๋ยขนาดเล็กเนื่องจากแกนมอเตอร์มีการตีใบพัดกวนด้านในทำให้วัตถุดิบในการหมักปุ๋ยเกิดการคลุกเคล้าได้ดี ถังหมักปุ๋ยสามารถควบคุมความชื้นได้ดีอยู่ในช่วง 43-62% โดยน้ำหนักแสดงดังรูปที่ 5 นอกจากนี้พบว่าอุณหภูมิในการหมักปุ๋ยสูงสุดเท่ากับ 50°C ในวันที่ 2 และอุณหภูมิจะลดลงถึง 28 องศาเซลเซียสในวันที่ 12 และค่า pH มีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 8.20-7.37 เนื่องจากในกระบวนการหมักปุ๋ยแบคทีเรียมีการย่อยสลายสารอินทรีย์ส่งผลให้ค่า pH ลดลง แต่อย่างไรก็ตามพบว่าค่า pH ที่ได้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม (pH 5.50-8.50) ของการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในการผลิตปุ๋ยหมัก (Polprasert, 1996; TAS 9503-2005) และค่า EC มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.02 dS/m เป็น 0.31 dS/m เนื่องจากในกระบวนการหมักจะมีการปลดปล่อยแร่ธาตุจากการย่อยสลายส่งผลให้ค่า EC เพิ่มขึ้น

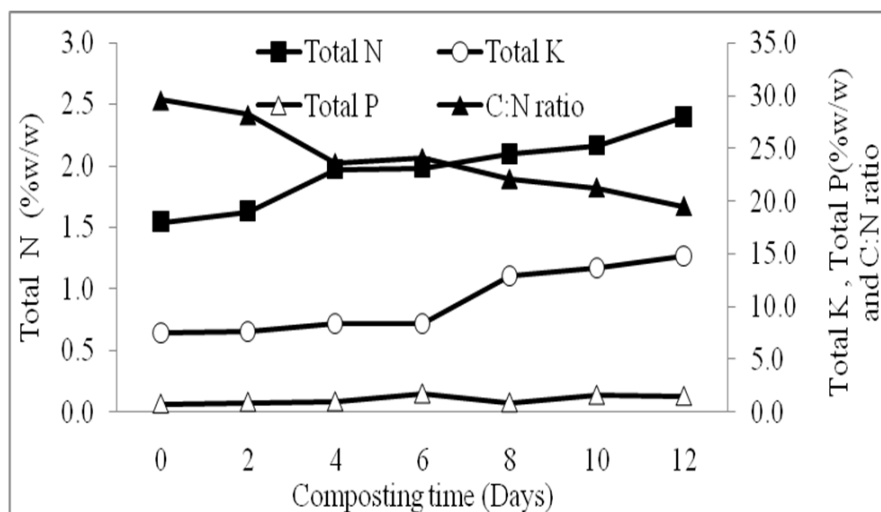


**Figure 5.** Physicochemical characteristics: moisture content control (50-60 %wet basis range) and pH and temperature occurring during composting process in the composting reactor.

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีแร่ธาตุ N, P และ K ของปุ๋ยที่หมักได้มีค่าเท่ากับ N: P: K เท่ากับ 2.40: 1.51: 14.84 %w/w ซึ่งมีค่าสูงกว่าปุ๋ยหมักที่ได้จากชุดหมักปุ๋ยขนาดเล็กขนาด 15 ลิตร (N:P:K เท่ากับ 2.38: 1.03: 10.59 %w/w) และค่าปริมาณไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ระยะเวลาต่างๆ แสดงดังรูปที่ 6 พบว่าค่าไนโตรเจนและโพแทสเซียมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น



และค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นในขณะที่ค่าฟอสฟอรัสค่อนข้างคงที่ เนื่องจากในกระบวนการหมักปุ๋ยจะมีการปลดปล่อยแก๊สแอมโมเนียออกมาส่งผลให้ค่าไนโตรเจนเพิ่มขึ้น (Asada et al., 2006)



**Figure 6.** Changes of total N, total P, total K and C/N ratio during the composting process in the horizontal reactor.

##### 5) ผลการศึกษาการใช้ปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ต่อการเจริญเติบโตของพืชผักสวนครัว

ปุ๋ยหมักที่ผลิตได้จากถังหมักปุ๋ยที่พัฒนาขึ้นถูกนำมาใช้ศึกษาผลต่อการเจริญเติบโตของพืชผักสวนครัว โดยพืชผักสวนครัวที่นำมาศึกษาคือ ผักคะน้า เนื่องจากต้นคะน้าเป็นพืชเนิ่นใบและต้องการปุ๋ยที่มีธาตุไนโตรเจนสูงเป็นปุ๋ยเร่งการเจริญเติบโต (ชมรมการเกษตร, 2557) ปุ๋ยผักคะน้าในชุดเพาะชำขนาด 30 cm x 40cm x 10cm ด้วยสัดส่วนของดินต่อปุ๋ย 2:1 ปุ๋ยผักคะน้า 5 ต้นต่อ 1 ชุดการปลูก แบ่งชุดการปลูกได้ 4 ชุด ดังนี้ ชุดที่ 1 ดินเพาะปลูกพืชทั่วไป ชุดที่ 2 ดินเพาะปลูกพืชทั่วไปร่วมกับปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ ชุดที่ 3 ดินเพาะปลูกพืชทั่วไปร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 25-7-7 โดยใส่ปุ๋ยเคมีหลังจากปลูกต้นคะน้า 20 วัน และชุดที่ 4 ดินเพาะปลูกพืชทั่วไปร่วมกับปุ๋ยหมักที่ผลิตได้และปุ๋ยเคมีสูตร 25-7-7 โดยใส่ปุ๋ยเคมีหลังจากปลูกต้นคะน้า 20 วัน ทำการดูแลบำรุงรักษา รดน้ำ และกำจัดวัชพืชด้วยสภาวะที่เหมือนกันทั้ง 4 ชุดการปลูก จบครบระยะเวลา 45 วัน หลังจากนั้นทำการเก็บเกี่ยวผักคะน้าและวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความสูง จำนวนใบของต้นคะน้า แสดงผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 5 พบว่าต้นคะน้าที่ปลูกด้วยชุดที่ 4 ดินเพาะปลูกพืชทั่วไปร่วมกับปุ๋ยหมักที่ผลิตได้และปุ๋ยเคมีสูตร 25-7-7 ให้ค่าน้ำหนักสดเฉลี่ยสูงสุด 4.48 กรัมต่อต้น รองลงมาคือชุดที่ 3 (3.14 กรัมต่อต้น) ชุดที่ 2 (0.63 กรัมต่อต้น) และ ชุดที่ 1 (0.38 กรัมต่อต้น) ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปุ๋ยหมักที่ผลิตโดยใช้

วัตถุประสงค์จากของเสียอุตสาหกรรมยางพาราที่มีประสิทธิภาพสามารถใช้เป็นปุ๋ยเสริมร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกพืชได้

**Table 5** Mean values of the physical characteristics of Chinese kale after transplanting for 45 days.

Experiment	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)	Plant height (cm)	Plant diameter (cm)	Number of plant leaves
1	0.38 <sup>c</sup>	0.08 <sup>c</sup>	9.05 <sup>b</sup>	0.43 <sup>c</sup>	2.8 <sup>b</sup>
2	0.63 <sup>c</sup>	0.12 <sup>c</sup>	10.05 <sup>b</sup>	0.83 <sup>b</sup>	3.2 <sup>b</sup>
3	3.14 <sup>b</sup>	0.48 <sup>b</sup>	15.65 <sup>a</sup>	0.89 <sup>b</sup>	4.8 <sup>a</sup>
4	4.48 <sup>a</sup>	0.67 <sup>a</sup>	14.60 <sup>a</sup>	1.20 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>
LSD	0.24	0.05	0.86	0.09	0.53

Note: In each column, different lettering (of a, b and c) above paired values means that the values obtained from analysis of variance ANOVA are significantly different at  $P < 0.05$ , e.g. for fresh weight, the weight per plant in exp. 4 is significantly different to exp. 3 (and to exp.2; whereas exp. 2 and 1 are not significantly different (same lettering); LSD denotes the least significant difference at coefficients of variation CV 2.12%.

#### 6.4 เอกสารอ้างอิง

1. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2544. หลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษ (เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขา: อุตสาหกรรมน้ำยางชั้น อุตสาหกรรมยางแท่งมาตรฐาน STR20.
2. วิภาวี พัฒนกุล. 2554. ยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์. งานนิทรรศการพืชสวน เชียงใหม่ ตุลาคม 2554. สืบค้นจาก <http://www.rubberthai.com/book/file/98.pdf> เมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2557.
3. สถาบันวิจัยยาง. 2547. ข้อมูลวิชาการยาง 2547. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

## 7. ภาคผนวก

### 7.1 แนบสำเนาบทความที่ได้รับการตีพิมพ์แล้ว (Reprint)

ชื่อผู้แต่ง Jutarut lewkittayakorn, Juntima Chungsiriporn and Prukraya Pongyeela

ชื่อเรื่อง Use of ammonium-enriched skim latex serum to compost rubber biomass wastes and its effect on planting *Brassica albroglabra*

ชื่อวารสาร SAINS MALAYSIANA

ฐานข้อมูล SAINS MALAYSIANA is indexed and abstracted in ISI Thomson Reuters (Science Citation Index Expanded/SciSearch®, Journal Citation Reports/Science Edition), SCOPUS, ASEAN Citation Index, Chemical Abstracts, Google-Scholar, MyJurnal, MyCite, Zentralblatt MATH and Zoological Records

The Impact Factor JCR/SE -2015 is 0.350, Q3

สถานะบทความ ได้รับการตอบรับตีพิมพ์เรียบร้อยแล้วเมื่อวันที่ 3 มีนาคม 2560 ตอนนี้อยู่ในขั้นตอนการ Editing

### 7.2 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป

จากวิจัยครั้งนี้ทำให้ทราบความเป็นไปได้ในการนำซีรัมน้ำยางพาราที่ผ่านการดูดซึมแก๊สแอมโมเนียในอุตสาหกรรมมาใช้ประโยชน์การผลิตปุ๋ยหมัก ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไปควรทดลองนำปุ๋ยหมักที่ได้ไปใช้เป็นปุ๋ยในการปลูกต้นกล้วยเพื่อเป็นส่งคืนสารที่ได้มาจากผลผลิตต้นยางพาราสู่ธรรมชาติในการปลูกต้นยางพารา



Our Ref. No: 15281

Ref : UKM 1.27/252/2 Jld. 42

Date : 4 Ogos 2017

**Jutarut Iewkittayakorn**

Department of Molecular Biotechnology and Bioinformatics  
Faculty of Science  
Prince of Songkla University  
Hat Yai  
Songkhla 90112  
Thailand

Dear Jutarut,

**Manuscript: for SAINS MALAYSIANA**

I am pleased to inform you that your paper entitled "**Use of ammonium-enriched skim latex serum to compost rubber biomass wastes and its effect on planting *Brassica albroglabra***" by Jutarut Iewkittayakorn, Juntima Chungsiriporn and Prukraya Pongyeela has been accepted for publication in Sains Malaysiana.

Thank you for submitting your work to the journal.

Your sincerely,

**PROF. DR. SARANI ZAKARIA**

Editor in Chief  
Sains Malaysiana

Artikel dalam SAINS MALAYSIANA diabstrak dalam ISI Thomson (Web of Science), SCOPUS (Elsevier Science), Chemical Abstracts (American chemical Society) dan Zentralblatt MATH (European Mathematical Society)

Original Article

**Use of ammonium-enriched skim latex serum to compost rubber biomass wastes  
and its effect on planting *Brassica albrogabra***

Jutarut Iewkittayakorn<sup>1\*</sup>, Juntima Chungsiriporn<sup>2</sup> and Prukraya Pongyeela<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Molecular Biotechnology and Bioinformatics, Faculty of Science,

Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90112, Thailand

<sup>2</sup>Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering,

Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90112, Thailand

\* **Corresponding author, Email address:** jutarut.p@psu.ac.th

**Abstract**

Ammonium-enriched skim latex serum - used for absorption of contaminating ammonia gas - when composted with other rubber tree wastes, is promising as a good compost. The objective of this research was to utilize ammonia-absorbed serum (S) as a raw composting ingredient after being combined with para sawdust (W1) and para rubber leaves (W2). Several ratios of S, W1 and W2 were experimented in a 15L composting vessel to determine the most effective compost. The best ratio was found to be 3:1:3 by weight at 12-day retention. The modified 30L composting reactor employed with the derived optimum mixing conditions yielded N, P and K of 2.40, 1.51 and 14.84. The growth of *Brassica albrogabra* after application of this compost combined with a chemical fertilizer generated the highest fresh weight (4.48g/plant). Thus, compost from these waste could be used as a fertilizer, and logically should contribute to cost saving of waste disposal.

24 **Keywords:** compost, fertilizer, rubber industry waste, skim latex serum, waste disposal

25

## 26 **1. Introduction**

27 Para rubber (*Hevea brasiliensis*) is one of the most important economic plants in  
28 Thailand. Almost all parts of the rubber tree can be used as raw materials for making  
29 various industrial products, in particular the concentrated latex that is centrifuged from  
30 para rubber latex. Chaiprapat and Sdoodee (2007) reported that there are more than 700  
31 manufactures involving in the Thai rubber industries that manufacture products from  
32 rubber latex, such as gloves, condoms and clothing. With huge requirement for latex  
33 products in the world market, the manufacturing processes involved have created an  
34 enormous industry. So is the volume of waste it generates as a consequence, and this is  
35 rapidly growing including the release of volatile ammonia and skim latex serum.

36 In the process of preparing concentrated latex, ammonia is added to the fresh  
37 rubber latex to prevent coagulation and to preserve the fresh latex (Uttraporn *et al.*,  
38 2012). The latex then undergoes a centrifugal process to have its concentration  
39 increased. Large quantity of ammonia that was added is often released to the  
40 atmosphere as waste, causing environmental pollution that is adverse to human health  
41 (Tekasakul and Tekasakul, 2006). The skim latex serum with an acidic pH and high  
42 organic content obtained from this centrifugal process is also reported to have been  
43 discharged as wastewater without adequate treatment (Sharifuddin and Zaharah, 2009).  
44 Water pollution plus the foul odor of H<sub>2</sub>S from this wastewater also has a bad effect on  
45 human health. A study on the management of this skim latex serum wastewater to  
46 absorb ammonia in the air, instead of just releasing it or treating it with other means,  
47 resulted in a higher efficiency for ammonia removal (Pansang *et al.* 2014). The

48 treatment generates a new kind of wastewater called ammonia-absorbed serum. This  
49 new serum containing high amounts of ammonia, however, could be used as a nitrogen  
50 fertilizer for growing plant since the protein, carbohydrates, lipids, carotenoids and salt  
51 present render it a high potential substance to add value for agricultural use as compost,  
52 and should be explored in depth.

53 The main objective of this research thus was to utilize the ammonia-absorbed  
54 serum wastewater from the concentration rubber latex industry to make compost. It is  
55 an environmentally closed loop approach to recycle the nutrients in the wastes back  
56 onto the agriculture chain.

57 In making compost, organic matters have to be present together with the liquid  
58 ammonia-absorbed serum, thus sawdust and para rubber leaves were added. These were  
59 to be mixed in various ratios in order to determine the optimum conditions to act as a  
60 fertilizer. The growth of *Brassica albrogabra* after application of this compost  
61 combined with a chemical fertilizer generated the highest fresh weight (4.48g/plant), a  
62 fast growing vegetation requiring high amount of nitrogen nutrient, was chosen to be  
63 experimented with. The compost parameters including of temperature, pH, electrical  
64 conductivity, organic matter, total nitrogen, total phosphorus, total potassium, and  
65 carbon nitrogen (C:N) ratio were analyzed according to Thai Agriculture Standards for  
66 compost.

## 67 **2. Materials and Methods**

### 68 **2.1 Composting materials**

69 Three waste materials including ammonia-absorbed serum (S), para sawdust  
70 (W1) and para rubber leaves (W2) were used in order to make compost.

71 Skim latex serum was obtained from Chalong Latex Industry Co., Ltd., Hat Yai,  
72 Songkhla, Thailand – a concentrated rubber latex industry, and para sawdust was  
73 acquired from Rattaphum Parawood Industry Co.,Ltd., Rattaphum, Songkhla, Thailand.  
74 – a processed wood industry. Para rubber leaves were collected from the Rubber  
75 Research Center, Songkhla, Thailand.

76 The ammonia-absorbed serum was prepared by mixing the skim latex serum  
77 with  $\text{NH}_4\text{OH}$  solution until the concentration of ammonia reached 2800 g/L in  
78 accordance with Pansang *et al.* (2014). The para rubber leaves were shredded into 3.0-  
79 5.0 cm pieces before being composed according to Rabbani *et al.* (1983) who reported  
80 that the optimum size of material for a composting process should be between 1.3-5.0  
81 cm. Particle size of materials affects the composting process; smaller particle sizes  
82 support oxygen diffusion for aerobic composting better than larger ones.

83

## 84 **2.2 The characteristics of the raw materials**

85 The characteristics of the raw materials are shown in Table 1. It was noted that  
86 primary nutrients, N, P and K (10.40, 0.79 and 10.80 %w/w) contained in the ammonia-  
87 absorbed serum (S) were within acceptable Thai Agriculture Standards for compost (TAS  
88 9503, 2005). However, the pH, moisture content, electrical conductivity, organic matter,  
89 and carbon to nitrogen ratio did not. The (S) was thus mixed with other wastes with  
90 higher organic matters. The para sawdust (W1) had a pH of 7.59 and its primary  
91 nutrients, N, P and K were 0.22, 0.27 and 0.23 %w/w, respectively. The sawdust also  
92 had a high C:N ratio (178:1). The para rubber leaves (W2) were slightly alkaline (pH  
93 8.10) and its primary nutrients, N, P and K were 2.39, 1.46 and 0.84%w/w, respectively.  
94 Among the three raw materials the leaves had the highest total phosphorus (1.46% w/w)



95 and organic matter (79.11% w/w). In addition, both the organic materials can absorb  
96 volatile ammonia from the ammonia-absorbed serum during the composting process.

97 **Table 1**

98  
99 **2.3 Aerobic composting container**

100 Two types of composting containers were built in the laboratory; a vessel and a  
101 modified vessel called the reactor.

102 The vessel was designed according to a conventional composting vessel made  
103 from a truncated conical plastic bucket with a volume of 15L (302 mm in height, 300  
104 mm top diameter and 200 mm bottom diameter). Twenty-eight holes with a diameter of  
105 5 mm were drilled at regular spacing on the side of the vessel for ventilation, and four  
106 holes at the bottom for draining (Fig. 1). The top of the vessel was covered with a  
107 plastic cap. The moisture content of the composting materials was controlled at 50-60%  
108 wet basis as suggested by Tiquia *et al.* (1996) either by adding water or providing  
109 aeration using a spatula to turn and mix twice daily, each time for 15 min duration.  
110 Three replicates, each comprising 12 experiments of various mixing ratios, were  
111 simultaneously conducted, and hence 36 such vessels had to be constructed.

112

113 **Figure 1.**

114

115 The reactor, or the composting reactor, was designed as an upscale of the  
116 composting vessel. The 30L (610 mm long and 250 mm in diameter) horizontally-laid  
117 cylindrical reactor was of steel coated with epoxy on all sides to resist corrosion (Fig.  
118 2.). The moisture content of the compost was controlled at 50-60% on a wet basis using

119 an air inlet that allowed air to be blown through the water inside a bottle. Then, the  
120 moist air is discharged directly into the composting reactor at four spray nozzles. The  
121 reactor had a horizontal rotating axis with four mixing blades to ensure complete mixing  
122 of the composting materials. A valve for exit air and a water drain valve to remove  
123 leachate and condensate were also provided.

124

125 **Figure 2.**

126

## 127 **2.4 Composting procedure**

128 Composting experiments were conducted in the 36 composting vessels to  
129 determine the optimum mixing ratios. Different amounts of ammonia-absorbed serum,  
130 the para sawdust and the para rubber leaves were mixed together to make up an approx.  
131 five kilograms of composting materials in order to investigate the optimum mixing ratio  
132 of the compost.

133 In this study, EM solution was added at 10% by weight of each composting  
134 mixture to accelerate the composting process. The EM solution was prepared by  
135 suspending one part of commercial EM in a mixture that was made from one part of  
136 molasses with 20 parts of chlorine-free water (Jusoh *et al.*, 2013).

137 All experiments in these composting vessels were run simultaneously. Three  
138 thermometers were attached on each vessel to measure temperatures at three depth  
139 levels. Each day samples of 20 g each were taken from each vessel at its three sampling  
140 points, as shown in Fig. 1, to be analyzed for moisture content, pH and electrical  
141 conductivity daily. In addition, analyses of organic matter, total nitrogen, total

142 phosphorus, total potassium and C:N ratio were examined every 4 days until C:N ratio  
143 was found less than 20:1. This value of C:N ratio implies that the composting materials  
144 have completely decayed (Lokman *et al.*, 2013). The optimum mixing ratio obtained  
145 found earlier from the vertical composting vessel will be experimented in the larger  
146 horizontal composting reactor with three replicates.

## 147 **2.5 Effect of the finished compost on *Brassica albrogabra* growth**

148 As mentioned earlier, *Brassica albrogabra* was selected as the plant to test the  
149 finished compost made from the composting reactor due to its quick growth and  
150 Nitrogen needs. Five *B. albrogabra* seeds were sown in each of the four 300 mm x 400  
151 mm x 100 mm plastic bags filled with either soil only (Experiment No.1), or soil with  
152 finished compost (Experiment No.2), etc., through to Experiment No.4 as previously  
153 described in Table 2. Three replicates were conducted simultaneously, and hence 12  
154 plastic bags containing a total of 60 *B. albrogabra* seeds (five seeds in each) were  
155 deployed. Tap water was provided for all test samples for the 45-day planting period  
156 for all the four experiments. On the 20<sup>th</sup> day and on the 35<sup>th</sup> day, 0.25 g of chemical  
157 fertilizer with N:P:K (25:7:7) were added in experiments 3 and 4 (Pinpeangchan *et al.*,  
158 2015). The average diameter and height of the *B. albrogabra* trunk and the number of  
159 *B. albrogabra* leaves were measured or counted every 7 days. The harvesting process  
160 of the *B. albrogabra* was carried out by cutting at ground level to calculate its fresh  
161 weight and dry weight (oven dried at 65°C for 3 days).

162

163

### **Table 2**

164

165

### 166 3. Results and Discussion

#### 167 3.1 Optimum mixing ratio of composting compound

168 Normally, the Carbon Nitrogen ratio is used as one of the main parameters to  
169 assess the rate of decomposition in the composting process (Jusoh *et al.*, 2013). The  
170 process will be regarded as successful when the final value of a C:N ratio of compost  
171 ranges between 20:1 and 40:1 (Fong *et al.*, 1999). In this research C:N ratio with a  
172 better nutritious value of at least 20 was adopted according to the Thai Agriculture  
173 Standard for compost (TAS 9503, 2005). The values of the ratio obtained from the  
174 experiments are shown in Table 3. The results indicated that ratios of less than 20, or  
175 about that, (in experiment #3, #10 and #12) were achieved after 12 days of composting  
176 time. The mixtures in other reactors had either higher or smaller addition of organic  
177 materials, but their higher carbon contents were not suitable for providing favorable  
178 conditions for growth and biological activities of microorganism. Temperatures  
179 throughout the 12 days (27-35°C) were in the mesophilic range (15°C to 40°C) all  
180 experiment in composting vessels, and not in the more suitable for microorganism  
181 activity thermophilic range (35°C to 65°C). However, decomposition was observed; the  
182 color of the finished composting materials turned brown to brownish black and the  
183 textured turned soil-like, similar to that reported by Hagerty *et al.* (1973). These  
184 temperatures within the mesophilic range could be a result from ventilation and agitation.  
185 During all composting experiments, the ambient temperature and the relative humidity  
186 were within ranges of 29-32°C and 45-52%, respectively.

187

188

**Table 3**

189 Table 4 details the physiochemical characteristics of mixed composting  
190 materials of the three finished compost selected for further investigation. It was noted  
191 that the total phosphorus content of the finished compost obtained from experiment #12  
192 fails the criteria for compost.

193 In experiment #3 the nutrient contents - N, P and K - of the finished compost  
194 obtained were 1.82, 0.96 and 8.79, respectively, whereas those from experiment #10  
195 were 2.38, 1.03 and 10.59, respectively. Thus, due to higher content of all three  
196 nutrients, experiment #10 having a 3:1:3 mixing ratio of S:W1:W2 was ultimately  
197 singled out to be the optimum mixing condition.

198

199 **Table 4**

200

### 201 **3.2 Characteristics of the compost from the horizontal composting reactor**

202 Composting materials – ammonia-absorbed serum S, para sawdust W1 and para  
203 rubber leaves W2 - totaling 10 kg were mixed at an optimum mixing ratio of 3:1:3  
204 found earlier from the vertical composting vessel to be experimented in the larger  
205 horizontal composting reactor.

206 Physicochemical characteristics of this mix during the composting process –  
207 temperature and pH under a controlled moisture range of 50-60% wet basis - are shown  
208 in Fig.3.

209 The controlled moisture content was kept well within the range, but it tended to  
210 decrease during the composting process as a result of moisture requirement of  
211 microorganisms to absorb nutrients during microbial metabolism.

212 The temperature of the composting process sharply increased to reach a peak of  
213 50°C at approx. 2 days. The temperature then gradually cooled down within the next 10  
214 days to be between 28°C to 35°C, well within the mesophilic range of 15°C to 40°C.  
215 The color of the finished composting materials turned brown to brownish black and the  
216 textured was soil-like.

217 The pH values of the finished compost, 7.37 - 8.20, were found to be well within  
218 the TAS 9503 – 2005 criteria (5.50-8.50). This range also corresponds to favourable  
219 bacterial and plant growth (Polprasert, 1996).

220 On other physicochemical characteristic - electrical conductivity - was studied.  
221 The value increased from 0.02 to 0.31 dS/m with increasing composting duration. This is  
222 thought to have been resulted from mineral salts released during organic matter  
223 decomposition (Abid and Saydi, 2006). The range of values is also within the TAS  
224 Standard.

225

226 **Figure3.**

227

228 The major nutrient elements, N:P:K of the finished compost was 2.40:1.51:14.84  
229 which was even higher than that obtained in experiment #10 (N:P:K of 2.38:1.03:10.59)  
230 It was speculated that the nutrient increase was due mainly to easier monitoring of the  
231 composting reactor to control the composting conditions, especially, the moisture  
232 content and the horizontal mixing system. The color of the obtained compost was also  
233 brown and brownish black, and the texture soil-liked. Changes of the total N, total P,  
234 total K and the C/N ratio during the composting process are illustrated in Fig.4. The

235 results showed an increase in total N and total K, and a decrease in C:N ratio with  
236 increasing composting time, while total P remained rather constant.

237 Normally, total N increases with increasing composting time due to ammonia  
238 leaching during the composting process (Asada *et al.*, 2006). It has also been reported  
239 that this could occur due to nitrogen source accumulation in microorganisms  
240 (Polprasert, 1996). The decrease in total P during the composting process is due to  
241 leaching of phosphorus into the organic solute, and total K is also well known as the  
242 component that is easily leached out (Jusoh *et al.*, 2013). The total K in this study,  
243 however, increased. This unexpected result could be from the fact that the para sawdust  
244 and the para rubber leaves had absorbed and retained it during the composting process.

245 In all, qualities of the finished compost obtained from the horizontal composting  
246 reactor passed the Thai Agriculture Standard for compost.

247

248 **Figure 4.**

249

### 250 **3.3 Testing results of the compost on *Brassica albrogabra* planting**

251 Latex serum had been earlier proposed as nutrient sources, either on itself or  
252 mixed with other chemical fertilizers, and was found to be quite effective, such as that  
253 by Thimthong (2009) in planting rice crops. In our study, compost made from  
254 ammonia-absorbed serum from concentrated rubber latex - and not just latex serum -  
255 was investigated for its effectiveness in growing *B. albrogabra* plants.

256 Physical characteristics results of *B. albrogabra* planting from the four  
257 experiments outlined in Table 2 are tabulated in Table 5. Experiment 1 (control exp.)  
258 yielded the least values of all characteristics: fresh and dry weight, height, diameter and

259 the number of leaves. The growth (height and diameter) and the weight of the *B.*  
260 *albroglabra* grown on finished compost combined with chemical fertilizer N:P:K 25-7-  
261 7 after 20 days (exp.4) yielded the highest values. Other experiments exerted some  
262 effects on the *B. albroglabra* planting. Fresh and dry weights between exp.3 and exp.4  
263 are significantly different; those planted with compost in combination with chemical  
264 fertilizer (exp.4) gave higher values than those with only chemical fertilizer (exp.3).  
265 Compost provides organic matters that are essential for microbial growth and releases  
266 nutrients into the soil to be richer in humus and fertility. Microorganisms generated in  
267 the soil are biodegradable and supportive to nutrients transport for the added chemical  
268 fertilizer.

#### 269 **Table 5**

#### 270 **4. Conclusions**

271 Ammonia-absorbed serum wastewater from a Thai concentrated rubber latex  
272 industry was investigated in producing compost in conjunction with other organic  
273 rubber wastes under a variation of mixing quantity by weight, employing a 15L aerobic  
274 truncated conical vessel. Out of twelve combinations, a ratio of 3:1:3 of the serum, para  
275 sawdust and para rubber leaves exhibited the most desirable compost quality; yielding  
276 major nutrient elements N:P:K of 2.38:1.03:10.59. This optimum ratio when  
277 experimented further employing a larger 30L horizontal reactor yielded an even better  
278 N:P:K of 2.40:1.51:14.84 – characteristics well passing as a fertilizer. Physicochemical  
279 characteristics and the nutrient contents were found to be within acceptable limits  
280 stipulated by the Thai Agriculture Standard for compost (TAS 9503, 2005). Growth  
281 responses were observed and measured in the experimental planting of *B.*  
282 *albroglabra* using this final compost, including or excluding an amount of general



283 chemical fertilizer, having no-additives-soil as control. The use of this compost together  
284 with chemical fertilizer gave the best outcome; the compost seems to have further  
285 stimulated the effectiveness of the chemical fertilizer. The compost from these wastes  
286 thus could be a viable environmental-friendly alternative to solve and/or manage rubber  
287 latex industrial wastes.

288

### 289 **Acknowledgements**

290 This research was supported by grants from the Prince of Songkla University  
291 (PSU grant SCI570644S) and the PSU Faculty of Science Research Fund. Gratefully  
292 acknowledged for their kind supports are also the Department of Molecular  
293 Biotechnology and Bioinformatics, PSU Faculty of Science and the Department of  
294 Chemical Engineering, PSU Faculty of Engineering. Big Thanks are also extended to  
295 Ajarn Wiwat Sutiwipakorn and Dr.Brian Hodgson for their assistance in polishing up  
296 the language.

### 297 **References**

298 Abid, N. and Saydi, S. 2006. Detrimental effects of olive mill wastewater on the  
299 composting process of agriculture wastes. *Waste Management*. 26(10), 1099-1107.

300 AOAC Official Methods of analysis. 2000. Water (Total) in Fertilizers. Method  
301 950.01. *In* AOAC

302 AOAC Official Methods of analysis. 2000. pH of Peat. Method 973.04. *In*  
303 AOAC

304 AOAC Official Methods of analysis. 2000. Organic Matter in Peat. Method  
305 967.05. *In* AOAC

- 306 AOAC Official Methods of analysis. 2000. Nitrogen (Total) in Fertilizers.  
307 Method 955.04. *In* AOAC
- 308 AOAC Official Methods of analysis. 2000. Phosphorus (Total) in Fertilizers.  
309 Method 958.01. *In* AOAC
- 310 AOAC Official Methods of analysis. 2000. Potassium (Total) in Fertilizers.  
311 Method 983.02. *In* AOAC
- 312 Asada, T., Ohkubo, T., Kawata, K. And Oikawa, K. 2006. Ammonia adsorption  
313 on bamboo charcoal with acid treatment. *Journal of Health Sciences*. 52, 585-589.
- 314 BS British Standard 7755. 1995. Soil quality. Chemical methods. Determination  
315 of organic and total carbon after dry combustion (Elementary analysis). British  
316 Standards Institution.
- 317 BS EN 13038. 2000. Soil improvers and growing media, Determination of  
318 electrical conductivity. British Standards Institution.
- 319 Chaiprapat, S. and Sdoodee, S. 2007. Effects of wastewater recycling from  
320 natural rubber smoked sheet production on economic crops in southern Thailand.  
321 *Resources. Conservation and Recycling*. 51, 577–590.
- 322 Fong, M., Wong, J.W.C. and Wong, M.H. 1999. Review on evaluation of compost  
323 maturity and stability of solid waste. *Shanghai Environment Science*.18(2), 91-93.
- 324 Hagerty J.D., Pavoni, J.L. and Heer, J.E.1973. Solid waste management. Van  
325 Nostrand Reinhold Company. New York. USA.
- 326 Jusoh, ML, Manaf, L.A. and Latiff, P.A. 2013. Composting of rice straw with  
327 effective microorganisms (EM) and its influence on compost quality. *Iranian Journal of*  
328 *Environmental Health Science Engineering*. 10, 10-17.

329 Lokman, M., Jusoh, Ch., Manaf. L.A. and Latiff P.A. 2013. Composting of rice  
330 straw with effective microorganisms (EM) and its influence on compost quality. Iranian  
331 Journal of Environmental Health Science&Engineering.10, 17-25.

332 Pansang, S., Kasikamphaiboon, P and Chungsiriporn, J. 2014. Removal of NH<sub>3</sub>  
333 in air released from rubber latex process using skim serum absorbent. Advanced  
334 Materials Research. 844, 441-444.

335 Pinpeangchan, S. and Wanapu C. 2015. Impact of nitrogen fertilizer  
336 (encapsulated urea fertilizer) in process of controlled-release their effect on growth of  
337 Chinese kale (*Brassica alboglabra* Bailey). Global Advanced Research Journal of  
338 Agricultural Science. 4(4), 173-181.

339 Polprasert, C. 1996. Organic waste recycling. John Wiley&Sons.2<sup>nd</sup> edition.  
340 England.

341 Rabbani, K.R., Jindal, R., Kubota, H. and Obeng, L.1983. Environmental  
342 sanitation reviews: composting of domestic refuse. Environmental Sanitation  
343 Information Center. Asian Institute of Technology. Bangkok. Thailand,  
344 No.10/11.October, 1983.

345 Sharifuddin, H.A.H. and Zaharah, A.R. 2009. Utilization of Organic waste and  
346 natural systems in Malaysian Agriculture. Malaysia. University of Agriculture.

347 Tekasakul, P. and Tekasakul, S. 2006. Environment problem relate to natural  
348 rubber production in Thailand. Journal of Aerosol Research. 21, 122-129.

349 Thai Agricultural Standard. TAS 9503. 2005. Compost. National Bureau of  
350 Agricultural Commodity and Food Standards Ministry of Agriculture and Cooperatives.  
351 Royal Gazette.122 Section 114D.

352           Thimthong, N. 2009. Effect of latex serum on growth of oil palm seedling at pre-  
353 nursery stage. Master Degree. Thesis. Science Program in Environmental Science.  
354 Chulalogkorn University. 176 pp.

355           Tiquia, S.M., Tam, N.F.Y. and Hodgkiss, I.J. 1996. Microbial activities during  
356 composting of spent pig-manure sawdust litter at different moisture contents.  
357 Bioresource Technology. 55, 201–206.

358           Uttraporn T., Sucharitaku, S., Theeraraj,G. and Yuwaree, C. 2012. Waste Water  
359 Minimization: Utilization of Rubber Latex Residue and Swine Dung as Fertilizer for  
360 Para Rubber Seeding Growth. Environment and Natural Resources Journal. 10, 53-67.

361

362

363

364

365

366

367

368

369

370

371

372

373

374

375

376 **FIGURE CAPTIONS**377 **Figure 1.** Schematic diagram of the composting vessel.378 **Figure 2.** Schematic diagram of the composting reactor.379 **Figure3.** Physicochemical characteristics: Moisture content control (50-60 %wet basis  
380 range) and pH and temperature occurring during composting process in the composting  
381 reactor.382 **Figure4.** Changes of total N, total P, total K and C/N ratio during the composting  
383 process in the horizontal reactor.

384

385

386

387

388

389

390

391

392

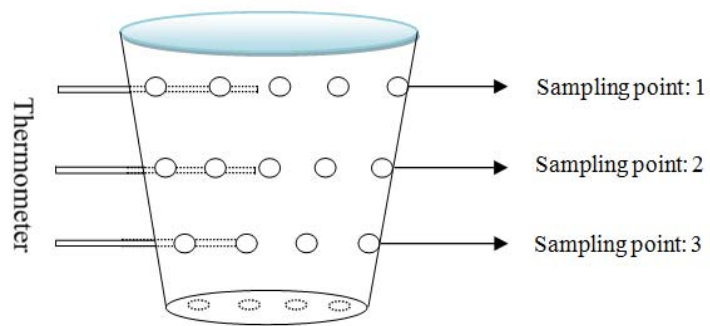
393

394

395

396

397



**Figure 1.** Schematic diagram of the composting vessel.

398

399

400

401

402

403

404

405

406

407

408

409

410

411

412

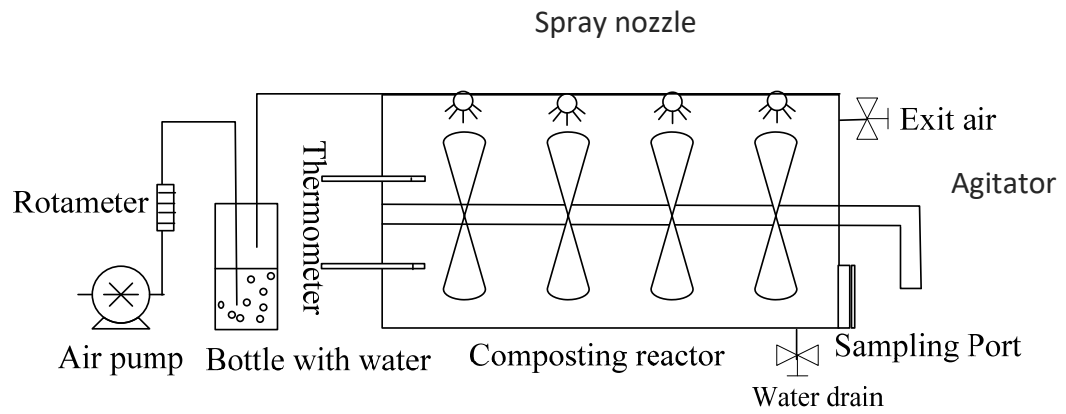
413

414

415

416

417



418

419

**Figure 2.** Schematic diagram of the composting reactor.

420

421

422

423

424

425

426

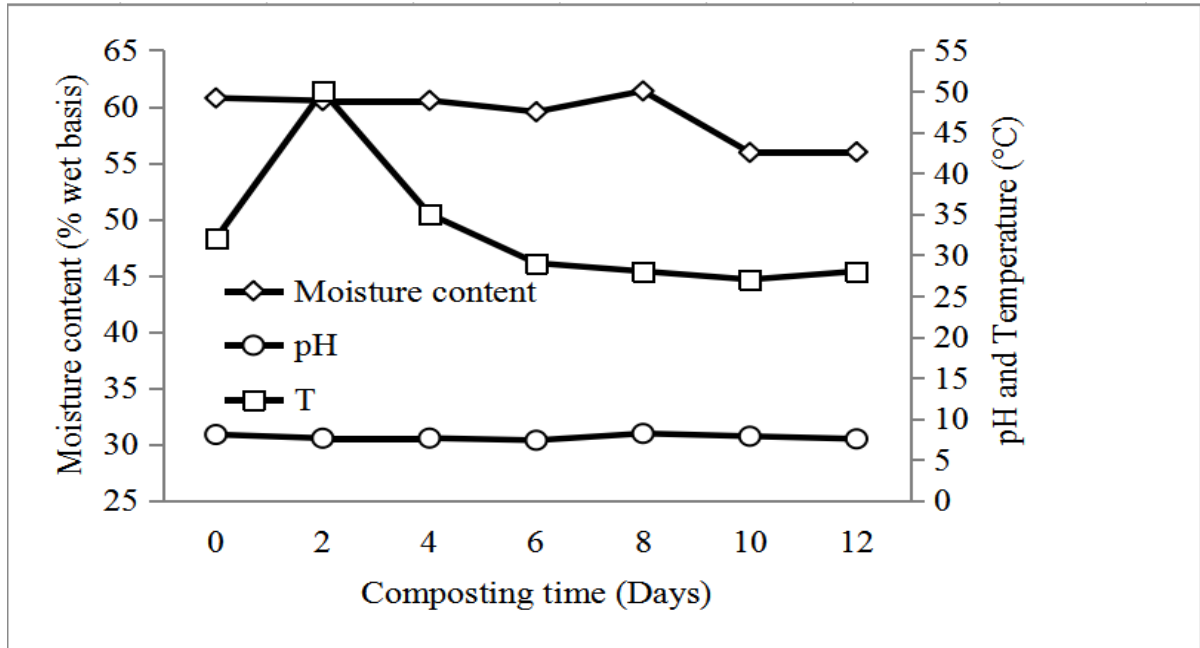
427

428

429

430

431



432

433 **Figure3.** Physicochemical characteristics: Moisture content control (50-60 %wet basis

434 range) and pH and temperature occurring during composting process in the composting

435 reactor.

436

437

438

439

440

441

442

443

444

445

446

447



448

449

450

451

452

453

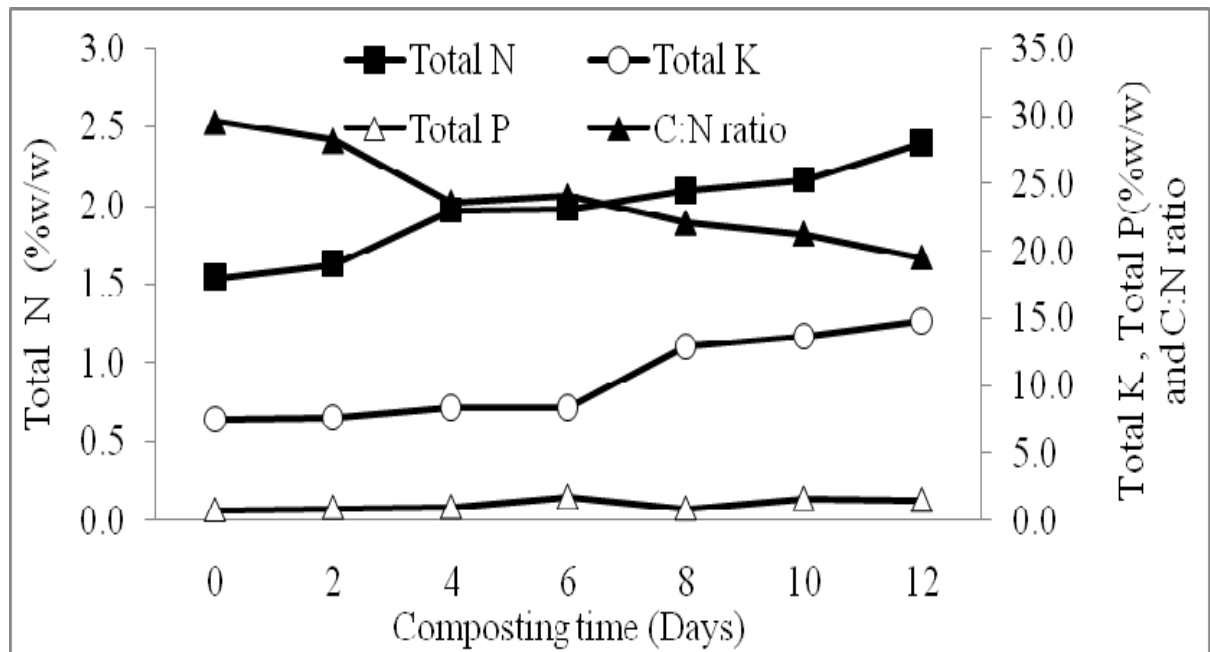
454

455

456

457

458

459 **Figure4.** Changes of total N, total P, total K and C/N ratio during the composting

460 process in the horizontal reactor.

461

462

463

464

465

466

467

468

469

470

471

472

473

474

475 **TABLE CAPTIONS**476 **Table 1** Characteristics of the raw composting materials.477 **Table 2** Experiment on *Brassica albrogabra* growing.478 **Table 3** Mixing ratio of composting materials and C/N ratio of the compost from the  
479 composting vessel.480 **Table 4** Physiochemical characteristics of the finished compost selected.481 **Table 5** Mean values of the physical characteristics of *Brassica albrogabra* after  
482 transplanting for 45 days.

483

484

485

486

487

488

489

490

491

492

493

494

495 **Table 1** Characteristics of the raw composting materials.

Parameter	Raw material			TAS 9503	Testing
	Ammonia- absorbed serum (S)	Para sawdust (W1)	Para rubber leaves (W2)	(2005) Criteria	method
1. pH	4.75	7.59	8.10	5.50-8.50	AOAC 973.04 (2000)
2. M (% wet basis)	100	20.59	21.10	≤ 35.0	AOAC 950.01(2000)
3. EC (dS/m)	0.5110	0.0185	0.0176	≤ 3.50	BS EN 13038 (2000)
4. TS (mg/l)	176	-	-	-	Glass Fiber Filter Disc
5. BOD (mg/l)	1,860	-	-	-	Azide Modification
6. COD (mg/l)	4,705	-	-	-	Potassium Dichromate Digestion
7. OM (%w/w)	25.73	65.96	79.11	≥ 35.00	AOAC 967.05 (2000)
8. N (%w/w)	10.4	0.22	2.39	≥ 1.00	AOAC 955.04 (2000)
9. P (%w/w)	0.79	0.27	1.46	≥ 0.50	AOAC 958.01 (2000)

<b>10. K</b>	10.80	0.23	0.84	$\geq 0.50$	AOAC 983.02
<b>(%w/w)</b>					(2000)
<b>11. C:N ratio</b>	0.08:1	178.0:1	19.21:1	$\leq 20.00:1$	BS 7755
					(1995)

496 Note: M is the moisture content; EC, the electrical conductivity; TS, the total solids;  
 497 BOD, the biochemical oxygen demand; COD, the chemical oxygen demand; OM is the  
 498 organic matter; N, the total nitrogen; P, the total phosphorus (as  $P_2O_5$ ); K, the total  
 499 potassium (as  $K_2O$ ); and C:N, the ratio of carbon to nitrogen.

500  
 501  
 502  
 503  
 504  
 505  
 506  
 507  
 508  
 509  
 510  
 511  
 512  
 513  
 514  
 515  
 516  
 517  
 518  
 519  
 520  
 521  
 522  
 523  
 524  
 525  
 526  
 527  
 528  
 529  
 530

531 **Table 2** Experiment on *Brassica albroglabra* growing.

Experiment	Description
1	On 75 g soil only (as a control)
2	On 75 g soil + 37.5 g finished compost
3	On 75 g Soil + 2 x 0.25 g chemical fertilizer having N:P:K of 25:7:7
4	On 75 g Soil+ 37.5 g finished compost + 2 x 0.25 g chemical fertilizer having same N:P:K as Exp. 3

532

533

534

535

536

537

538

539

540

541

542

543

544

545

546

547

548 **Table 3** Mixing ratio of composting materials and C/N ratio of the compost from the  
 549 composting vessel.

Experiment	Composting material	Mixing ratio (by weight)	C:N ratio			
			Composting duration (days)			
			0	4	8	12
1	W1:W2	1:1	37.68:1	57.47:1	55.17:1	33.79:1
2	S:W1	1:1	65.42:1	72.26:1	56.45:1	32.80:1
3	S:W2	1:1	57.06	46.06:1	26.23:1	18.29:1
4	S:W1:W2	1:1:3	51.33:1	32.69:1	31.84:1	32.38:1
5	S:W1:W2	1:2:2	60.09:1	45.29:1	27.46:1	34.28:1
6	S:W1:W2	1:3:1	53.64:1	51.60:1	33.09:1	50.89:1
7	S:W1:W2	2:1:3	53.06:1	51.11:1	30.41:1	25.24:1
8	S:W1:W2	2:2:2	50.06:1	41.78:1	30.31:1	24.05:1
9	S:W1:W2	2:3:1	46.26:1	32.38:1	23.98:1	22.04:1
10	S:W1:W2	3:1:3	26.54:1	43.88:1	23.67:1	19.77:1
11	S:W1:W2	3:2:2	39.36:1	56.52:1	26.95:1	25.56:1
12	S:W1:W2	3:3:1	29.80:1	39.62:1	24.02:1	20.04:1

550 Notes: S denotes ammonia absorbed serum; W1, para sawdust; W2, para rubber leaves,  
 551 and each C/N value recorded is a mean value from three samples.

552 **Table 4** Physiochemical characteristics of the finished compost selected.

<b>Parameter</b>	<b>Exp.3</b>	<b>Exp.10</b>	<b>Exp.12</b>	<b>Criteria of compost</b>
<b>T (°C)</b>	29.0	29.5	30.5	n/a
<b>pH</b>	7.27	7.10	7.54	5.50-8.50
<b>M (%wet basis)</b>	60.76	59.41	60.01	≤ 35.00 (dry compost)
<b>EC (dS/m)</b>	0.58	0.62	0.31	≤ 3.50
<b>Organic matter (%w/w)</b>	71.01	69.47	69.36	≥ 30.00
<b>Total N (%w/w)</b>	1.82	2.38	1.78	≥ 1.00
<b>Total P (%w/w)</b>	0.96	1.03	0.27	≥ 0.50
<b>Total K (%w/w)</b>	8.79	10.59	10.81	≥ 0.50

553 Note: Each value is a mean value from three samples; Exp. denotes experiment, while

554 n/a is not applicable. Other symbols and their units can be found in Table 1.

555

556

557

558

559

560

561

562

563 **Table 5** Mean values of the physical characteristics of *Brassica albrogabra* after  
 564 transplanting for 45 days.

<b>Experiment</b>	<b>Fresh weight (g/plant)</b>	<b>Dry weight (g/plant)</b>	<b>Plant height (cm)</b>	<b>Plant diameter (cm)</b>	<b>Number of plant leaves</b>
<b>1</b>	0.38 <sup>c</sup>	0.08 <sup>c</sup>	9.05 <sup>b</sup>	0.43 <sup>c</sup>	2.8 <sup>b</sup>
<b>2</b>	0.63 <sup>c</sup>	0.12 <sup>c</sup>	10.05 <sup>b</sup>	0.83 <sup>b</sup>	3.2 <sup>b</sup>
<b>3</b>	3.14 <sup>b</sup>	0.48 <sup>b</sup>	15.65 <sup>a</sup>	0.89 <sup>b</sup>	4.8 <sup>a</sup>
<b>4</b>	4.48 <sup>a</sup>	0.67 <sup>a</sup>	14.60 <sup>a</sup>	1.20 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>
<b>LSD</b>	0.24	0.05	0.86	0.09	0.53

565 Note: In each column, different lettering (of a, b and c) above paired values means that  
 566 the values obtained from analysis of variance ANOVA are significantly different at  
 567  $P < 0.05$ , e.g. for fresh weight, the weight per plant in exp. 4 is significantly different to  
 568 exp. 3 (and to exp.2; whereas exp. 2 and 1 are not significantly different (same  
 569 lettering); LSD denotes the least significant difference at coefficients of variation CV  
 570 2.12%.