สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

[1] Bierman, C. J. Essentials of pulping and papermaking. UK: Acadamic Press, 1993.

[2] Kline, J. E. Paper and paperboard manfacturing and converting fundamentals. 2nd ed. USA: Miller Freeman Publications, 1991.

[3] Kiviranta, A. Paper and board grades. Papermaking science and technoogy a sereies of 19 books. Finland: Gummerus Printing, 2000.

[4] Flutes and flute size [online]. (n.d.). Available form: http://www.tis-gdr.de/tis_e/verpack/papier/wp_form/ wp_form.htm [2007, November 23]

[5] Linux Machines Incorporation [online]. (n.d.). Available form: http://www.testingequipments.com [2007, November 23]

[6] What is corrugated board? [online]. (n.d.). Available form: http://www.watermanswebworld.com/code/what.html [2007, November 23]

[7] ประเภทของกระดาษลูกฟูก [online]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา: http://www.thaicorrugated.com/th/knowledge.php?cid=26 [24 มีนาคม 2551]

[8] กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. เทคโนโลยีของแป้ง. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2550.

[9] Cassava [online]. (n.d.). Available form: http://www.starch.dk/isi/starch/cassava.htm [2007, November 22]

[10] สมาคมแป้งมันสำปะหลังแห่งประเทศไทย. [online]. (ม.ป.ป.). แหล่งที่มา: http://www.thaitapiocastarch.org/ [21 พฤศจิกายน 2550]

[11] Cassava starch granule [online]. (n.d.). Available form: http://www.scielo.br/img/fbpe/babt/v44n1/a10fig02.gif [2007, November 22]

[12] Berg, N. O. Surface application of paper chemicals. UK : Chapman & Hall, 1997.

[13] Maurer, H. W. Starch and starch products in surface sizing and paper coating. USA: TAPPI press, 2001.

[14] Bruun, S.E. Pigment coating and surface sizing of paper. Papermaking science and technoogy a sereies of 19 books. Finland: Gummerus Printing, 2000.

[15] นลินี อุดมทวี. การดัดแปรแป้งมันสำปะหลังโดยปฏิกิริยาการแทนที่. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีทางชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2540.

[16] Cassava Processing [online]. (n.d.). Available form: http://www.fao.org/docrep/X5032E/X5032E00.htm [2007, November 22]

[17] Bemiller, J. N. Starch modification: challenges and prospects. Starch/Stärke. 49 (1997): 127-131.

[18] Hood, L. F. and Mercier, C. Molecular structure of unmodified and chemically modified manioc starches. Carbohydrate Research. 61 (1978): 53-66.

[19] Hizukuri, S. Carbohydrate in food. USA: Marcel Dekker, 1996.

[20] นพภาภรณ์ โพธิ์อ่อนตา. การดัดแปรแป้งมันสำปะหลังแอมโฟเทอริคที่มีกลุ่มประจุลบแตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 2550

[21] Cationic starch [online]. (n.d.). Available form: http://www4.ncsu.edu/~hubbe/CST.html [2007, November]

[22] Kirby, W. K. Development in carbohydrate chemistry. USA: The American association of cereal chemist,1992.

[23] Rutenberg, W. M. and Solarek, D. Starch: chemistry and technology. 2nd ed. USA: Academic Press, 1984.

[24] Amphoteric starch [online]. (n.d.). Available form: http://www4.ncsu.edu/~hubbe/CST.htm [2007, November 22]

[25] Marton, J. Paper chemistry. 2nd ed. UK : Chapman & Hall, 1997.

[26] Hubbe, M. A. Emerging technologies in wet-end chemistry. UK: Pira International, 2005.

[27] Haubbard, E. D., Liberty, W., Harty, D. R., and Hogen, L. M. Starch phosphate and amphoteric starch phosphate. U.S patent. (1986): US 4 5669 10

[28] Xu, S., Wang, J., Wu, J., Wang, J., and Li, H. Adsoption behavior of acid andbasic dyes on crosslinked amphoteric starch. Chemical Engineering Journal 117 (2006): 161-167.

[29] Lim, W.J., Liang, Y.T. and Seib, P.A. Cationic oat starch: Preparation and effect on paper strength. American Association of Cereal Chemists. 69 (1992): 237-239.

[30] Burnfield, K.and Wilmington, E. Cationic starch/ cationic galactomannan gum blends as strength and drainage aids. European patent. (2002): EP1 049 832 B1

[31] Tsai, J., Mead, B., Maliczyszyn, W., Capitani, T. and Kulp, C. Method of papermaking using modified cationic starch. U.S patent. (1998): US 5 723 023

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การคำนวณการเตรียมเยื่อและสารเคมี

วิธีการคำนวณหาน้ำหนักเยื่อใยสั้น

เช่น เยื่อใยสั้นมีความชื้นร้อยละ 14.3 แสดงว่า
เยื่อใยสั้นมีส่วนที่เป็นเยื่อจริงๆ (น้ำหนักแห้ง) 85.7 กรัม จากน้ำหนักเยื่อใยสั้นทั้งหมด 100 กรัม
ถ้าต้องการน้ำหนักเยื่อใยสั้น 360 กรัม จะต้องชั่งเยื่อใยสั้น $\frac{360 \times 100}{85.7} = 420.07$ กรัม

เพราะฉะนั้น ต้องชั่งเยื่อใยสั้น 420.07 กรัม เพื่อให้ได้เยื่อใยสั้นที่มีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 360 กรัม

วิธีการคำนวณการหาปริมาณน้ำเยื่อสำหรับการหาค่าการระบายน้ำ

- หาความเข้มข้น (% consistency) ของเยื่อใยสั้นที่ได้จากการบดเยื่อ ดังนี้

$$\% \text{ consistency} = \frac{\text{o.d. weight}}{\text{water + o.d. weigh}} \times 100$$

$$= \frac{360 \text{ กรัม}}{23000 \text{ กรัม} + 360 \text{ กรัม}} \times 100 = 1.54\%$$

ดังนั้นเยื่อใยสั้นที่อยู่ในเครื่องบดเยื่อมีค่า % consistency เท่ากับ ร้อยละ 1.54

- หาปริมาตรของน้ำเยื่อที่ต้องตวงจากเครื่องบดเยื่อมาเพื่อวัดค่าการระบายน้ำ โดยกำหนดให้ใช้น้ำเยื่อที่มี % consistency เท่ากับร้อยละ 0.3 ในปริมาณ 1000 มิลลิลิตร ดังนี้

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

$$0.3 \times (1000 \text{ มิลลิลิตร}) = 1.54 \times V_2$$

$$V_2 = 194.81 \sim 195 \text{ มิลลิลิตร}$$

ดังนั้น ต้องตวงน้ำเยื่อจากเครื่องบดเยื่อประมาณ 195 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำจนมีปริมาตร 1000 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดค่าการระบายน้ำของเยื่อ

วิธีคำนวณหาน้ำหนักเยื่อใยสั้นและกากมันสำปะหลัง

โดยกำหนดให้กระดาษมีน้ำหนักมาตรฐาน (basis weight) เท่ากับ 75 กรัมต่อตารางเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร, % consistency เท่ากับร้อยละ 0.3

- หาน้ำหนักกระดาษแห้ง (o.d. wieght) ได้ดังนี้

จากที่ กระดาษมีน้ำหนักมาตรฐาน เท่ากับ 75 กรัมต่อตารางเมตร และ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร ดังนั้น

พื้นที่วงกลม $= \pi r^2 = (3.14)(0.2/2)^2 = 0.0314$ ตารางเมตร

พื้นที่ 1 ตารางเมตร มีน้ำหนัก 75 กรัม

ถ้าพื้นที่ 0.0314 ตารางเมตร มีน้ำหนัก $0.0314 \times 75 = 2.36$ กรัม

ดังนั้นกระดาษ 1 แผ่นจะมีน้ำหนักแห้ง เท่ากับ 2.36 กรัม

- หาน้ำหนักเยื่อใยสั้นที่ใช้ในการขึ้นแผ่นกระดาษที่ไม่มีกากมันสำปะหลังผสม

จาก % consistency ของเยื่อ ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 1.54

จากสูตร $$\%\ \text{consistency} = \frac{\text{o.d. weight}}{\text{water + o.d. weight}} \times 100$$

$$1.54\% = \frac{2.36\ \text{กรัม}}{\text{water + o.d. weight}} \times 100$$

$$\text{water + o.d. weight} = 153.25\ \text{กรัม}$$

ดังนั้นจะต้องชั่งเยื่อ เท่ากับ 153.25 กรัม

จากนั้นปรับความเข้มข้นของน้ำเยื่อให้เข้มข้นมีความเป็นร้อยละ 0.3 เพื่อนำเยื่อที่ได้ไปขึ้นแผ่นต่อไป ดังนี้

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

$$(1.54)(153.25) = (0.3)(V_2)$$

$$V_2 = 786.68$$

ดังนั้นต้องเติมน้ำเท่ากับ 786.68 – 153.25 = 633.43 มิลลิลิตร

และแสดงว่าต้องใช้น้ำเยื่อเท่ากับ 786.68 กรัม ต่อ การขึ้นแผ่นกระดาษ 1 แผ่น

- หาน้ำหนักเยื่อใยสั้นที่ใช้ในการขึ้นแผ่นกระดาษที่มีกากมันสำปะหลังผสม

เช่น ในอัตราส่วนของ กาก : เยื่อใยสั้น เท่ากับ 5: 95

กระดาษ 1 แผ่น มี basis weight เท่ากับ 75 กรัมต่อตารางเมตร ดังนั้นมีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 2.36 กรัม แสดงว่า จะมี

$$\text{กาก} = \frac{5 \times 2.36}{100} = 0.118 \text{ กรัม} \quad \text{และ เยื่อใยสั้น} = \frac{95 \times 2.36}{100} = 2.242 \text{ กรัม}$$

- หาน้ำหนักกากที่ต้องชั่งได้จากความชื้นของกาก ดังนี้

เช่น สมมติให้กากมีความชื้นเท่ากับร้อยละ 14.9 แสดงว่า กาก 100 กรัม มีเนื้อที่เป็นกากจริงๆ อยู่ 85.1 กรัม และ มีน้ำอยู่ 14.9 กรัม

ดังนั้นเนื้อกาก 85.1 กรัม จะมาจากกาก 100 กรัม

ถ้าต้องการเนื้อกาก 0.118 กรัม จะต้องชั่งกาก $\frac{0.118 \times 100}{85.1} = 0.14$ กรัม

- หาน้ำหนักเยื่อใยสั้นที่ต้องชั่งได้จาก % consistency ของเยื่อ ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 1.54

จากสูตร $\%\ \text{consistency} = \frac{\text{o.d. weight}}{\text{water + o.d. weight}} \times 100$

$$1.54\% = \frac{2.242 \text{ กรัม}}{\text{water + o.d. weight}} \times 100$$

$$\text{water + o.d. weight} = 145.58 \text{ กรัม}$$

ดังนั้นจะต้องชั่งเยื่อ เท่ากับ 145.58 กรัม

แสดงว่ากระดาษ 1 แผ่น จะมีน้ำหนักทั้งหมดเท่ากับ 0.14 + 145.58 = 145.72 กรัม

จากนั้นนำน้ำหนักที่ได้คิดเป็นร้อยละแล้วนำไปปรับให้กลายเป็น 0.3 % consistency เพื่อนำเยื่อที่ได้ไปขึ้นแผ่นต่อไป ดังนี้

น้ำหนักเยื่อทั้งหมด 145.72 กรัม คิดเป็นน้ำหนักกระดาษเท่ากับ 2.36 กรัม

ถ้าน้ำหนักทั้งหมด 100 กรัม คิดเป็นน้ำหนักกระดาษเท่ากับ $\frac{2.36 \times 100}{145.72} = 1.62$ กรัม

แสดงว่าน้ำเยื่อมีความเข้มข้นร้อยละ 1.62

ปรับความเข้มข้นให้กลายเป็นร้อยละ 0.3 โดยใช้สูตร

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

$$(1.62)(145.72) = (0.3)(V_2)$$

$$V_2 = 786.89$$

ดังนั้นต้องเติมน้ำเท่ากับ 786.89 – 145.72 = 641.67 มิลลิลิตร

และแสดงว่าต้องใช้น้ำเยื่อเท่ากับ 786.68 กรัม ต่อ การขึ้นแผ่นกระดาษ 1 แผ่น

วิธีการคำนวณหาปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารละลาย(3-คลอโร-2-ไฮดรอกซีโพรพิล)ไตรเมทธิล แอมโมเนียม

จาก สารละลาย(3-คลอโร-2-ไฮดรอกซีโพรพิล)ไตรเมทธิล แอมโมเนียม (CHPT) พบว่ามีเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเท่ากับ 69 ความหนาแน่นเท่ากับ 1.143 กรัมต่อมิลลิลิตร และน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 188 กรัมต่อโมล

ส่วนสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์(NaOH) มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 40 กรัมต่อโมล

และพบว่าอัตราส่วนโมลของ CHPT : NaOH เท่ากับ 1 : 1.2

ดังนั้นสามารถเตรียมสารละลาย CHPT ปริมาณร้อยละ 1 ของน้ำหนักแป้ง และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ ในการดัดแปรแป้ง 1000 กรัม ดังนี้

แป้ง 100 กรัม ใช้ (3-chloro-2-hydroxypropyl)trimethyl ammonium 1 กรัม

ถ้าแป้ง 1000 กรัมจะใช้ (3-chloro-2-hydroxypropyl)trimethyl ammonium $\frac{1000 \times 1}{100} = 10$ กรัม

แต่เนื่องจาก CHPT ที่ใช้เป็นสารละลาย ดังนั้นสามารถหาปริมาตร ได้โดย ใช้สูตร

$$D = M / V$$

$$1.143 \text{ กรัมต่อมิลลิลิตร} = 10 \text{ กรัม} / V$$

$$V = 8.75 \text{ มิลลิลิตร}$$

ดังนั้น ใช้สารละลาย CHPT เท่ากับ 8.75 มิลลิลิตร

จากนั้นนำปริมาตรที่ได้มาเทียบกลับเป็นน้ำหนักเพื่อนำไปเทียบหาปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ดังนี้

สารละลาย CHPT ความเข้มข้นร้อยละ 69 ดังนั้นสามารถหาน้ำหนักของสารละลายได้จาก

ในสารละลายความเข้มข้นร้อยละ 100 จะใช้ปริมาตรเท่ากับ 8.75 มิลลิลิตร

ถ้าสารละลายความเข้มข้นร้อยละ 69 จะใช้ปริมาตรเท่ากับ $\frac{69 \times 8.75}{100} = 6.0375$ มิลลิลิตร

จากสูตร $D = M / V$

$M = 1.143 \times 6.0375$

$M = 6.9$ กรัม

ดังนั้น CHPT มีน้ำหนักเท่ากับ 6.9 กรัม

จากอัตราส่วนโมล CHPT: NaOH

เท่ากับ 1 : 1.2

จาก น้ำหนักโมเลกุล (กรัมต่อโมล) เท่ากับ 188 : 40

ดังนั้นใน 1 โมลจะมีน้ำหนัก (กรัม) เท่ากับ $188 \times 1 = 188 : 40 \times 1.2 = 48$

หาน้ำหนัก(กรัม)ของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จาก สูตร

$$\text{จำนวนโมล} = \frac{\text{g, น้ำหนัก(กรัม)}}{\text{M.W., น้ำหนักโมเลกุล(กรัม/โมล)}}$$

ดังนั้น CHPT: NaOH

$$\frac{g_1}{M.W._1} : \frac{g_2}{M.W._2}$$

$$\frac{6.9}{188} : \frac{g_2}{48}$$

$$g_2 = \frac{6.9 \times 48}{188} = 1.76 \text{ กรัม}$$

ดังนั้นปริมาณที่ใช้ของโซเดียมไฮดรอกไซด์ เท่ากับ 1.76 กรัม แต่เนื่องจากสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีความเข้มข้นร้อยละ 16.8 (w/v) ดังนั้นตวงสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ได้จาก

เนื้อโซเดียมไฮดรอกไซด์ 16.8 กรัม จากปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ 100 มิลลิลิตร

ถ้าเนื้อโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.76 กรัมจะใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ $\frac{1.76 \times 100}{16.8}$ = 10.48 มิลลิลิตร

ดังนั้นตวงโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับ 10.48 มิลลิลิตร

วิธีการคำนวณปริมาณเยื่อกระดาษกล่องลูกฟูกและแป้งมันสำปะหลัง

โดยกำหนดให้กระดาษมีน้ำหนักมาตรฐาน (basis weight) เท่ากับ 125 กรัมต่อตารางเมตร, เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร, % consistency เท่ากับร้อยละ 0.3

- หา น้ำหนักกระดาษแห้ง(o.d. wieght) ได้ดังนี้

จากที่ กระดาษมีน้ำหนักมาตรฐาน เท่ากับ 125 กรัมต่อตารางเมตร และ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร ดังนั้น

พื้นที่วงกลม $= \pi r^2 = (3.14)(0.2/2)^2 = 0.0314$ ตารางเมตร

พื้นที่ 1 ตารางเมตร มีน้ำหนัก 125 กรัม

ถ้าพื้นที่ 0.0314 ตารางเมตร มีน้ำหนัก $0.0314 \times 125 = 3.93$ กรัม

ดังนั้นกระดาษ 1 แผ่นจะมีน้ำหนักแห้ง เท่ากับ 3.93 กรัม

- หาน้ำหนักเยื่อกระดาษกล่องลูกฟูกที่ใช้ในการขึ้นแผ่นกระดาษที่ไม่มีแป้งมันสำปะหลังผสม

จาก % consistency ของเยื่อ ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 1.54

จากสูตร $\%\ \text{consistency} = \frac{\text{o.d. weight}}{\text{water + o.d. weight}} \times 100$

$1.54\% = \frac{3.93\ \text{กรัม}}{\text{water + o.d. weight}} \times 100$

$\text{water + o.d. weight} = 255.19$ กรัม

ดังนั้นจะต้องชั่งเยื่อ เท่ากับ 255.19 กรัม

จากนั้นปรับความเข้มข้นของน้ำเยื่อให้เข้มข้นมีความเป็นร้อยละ 0.3 เพื่อนำเยื่อที่ได้ไปขึ้นแผ่นต่อไป ดังนี้

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

$$(1.54)(255.19) = (0.3)(V_2)$$

$$V_2 = 1309.98$$

ดังนั้นต้องเติมน้ำเท่ากับ 1309.98 – 255.19 = 1054.79 มิลลิลิตร

และแสดงว่าต้องใช้น้ำเยื่อเท่ากับ 1309.98 กรัม ต่อ การขึ้นแผ่นกระดาษ 1 แผ่น

- หาน้ำหนักเยื่อใยสั้นที่ใช้ในการขึ้นแผ่นกระดาษที่มีแป้งมันสำปะหลังผสม

เช่น ในอัตราส่วนของ แป้ง : เยื่อกระดาษ เท่ากับ 1: 99

กระดาษ 1 แผ่น มี basis weight เท่ากับ 125 กรัมต่อตารางเมตร ดังนั้นมีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 3.93 กรัม แสดงว่ามี

แป้ง $= \frac{1 \times 3.93}{100} = 0.0393$ กรัม และ เยื่อกระดาษ $= \frac{99 \times 3.93}{100} = 3.8907$ กรัม

- หาน้ำหนักแป้งที่ต้องชั่งได้จากความชื้นของแป้ง ดังนี้

เช่น สมมติให้แป้งมีความชื้นเท่ากับร้อยละ 9.04 แสดงว่า

เนื้อแป้ง 90.96 กรัม จะมาจากแป้ง 100 กรัม

ถ้าต้องการเนื้อแป้ง 0.0393 กรัม จะต้องชั่งแป้ง $\frac{0.0393 \times 100}{90.96} = 0.0432$ กรัม

ดังนั้นจะต้องชั่งแป้งเท่ากับ 0.0432 กรัม

- หาน้ำหนักเยื่อใยสั้นที่ต้องชั่งได้จาก % consistency ของเยื่อ ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 1.54

จากสูตร $\%\ \text{consistency} = \frac{\text{o.d. weight}}{\text{water + o.d. weight}} \times 100$

$$1.54\% = \frac{3.8907\ \text{กรัม}}{\text{water + o.d. weight}} \times 100$$

$$\text{water + o.d. weight} = 252.6429\ \text{กรัม}$$

ดังนั้นจะต้องชั่งเยื่อ เท่ากับ 252.6429 กรัม

แสดงว่ากระดาษ 1 แผ่น จะมีน้ำหนักทั้งหมดเท่ากับ 0.0432 + 252.6429 = 252.6861 กรัม

จากนั้นนำน้ำหนักที่ได้คิดเป็นร้อยละแล้วนำไปปรับให้กลายเป็น 0.3 % consistency เพื่อนำเยื่อที่ได้ไปขึ้นแผ่นต่อไป ดังนี้

น้ำหนักเยื่อทั้งหมด 252.6861 กรัม คิดเป็นน้ำหนักกระดาษเท่ากับ 3.93 กรัม

ถ้าน้ำหนักทั้งหมด 100 กรัม คิดเป็นน้ำหนักกระดาษเท่ากับ $\frac{3.93 \times 100}{252.6861} = 1.56$ กรัม

แสดงว่าน้ำเยื่อมีความเข้มข้นร้อยละ 1.56

ปรับความเข้มข้นให้กลายเป็นร้อยละ 0.3 โดยใช้สูตร

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

$$(1.56)(252.6861) = (0.3)(V_2)$$

$$V_2 = 1313.97$$

ดังนั้นต้องเติมน้ำเท่ากับ 1313.97 – 252.6861 = 1061.28 มิลลิลิตร

และแสดงว่าต้องใช้น้ำเยื่อเท่ากับ 1313.97 กรัม ต่อ การขึ้นแผ่นกระดาษ 1 แผ่น

วิธีการคำนวณปริมาณเยื่อกระดาษกล่องลูกฟูกและกากมันสำปะหลัง

จะคำนวณเช่นเดียวกับการคำนวณปริมาณเยื่อกระดาษกล่องลูกฟูกและแป้งมันสำปะหลัง เพียงแต่ในการหาปริมาณกากที่ใช้ต้องคำนวณปริมาณแป้งที่ใช้ให้กลับมาเป็นปริมาณกาก โดยใช้ปริมาณร้อยละของแป้งที่อยู่ในกากมาคำนวณ ดังนี้

สมมติ ให้กากมีความชื้นร้อยละ 2.72 และมีปริมาณแป้งร้อยละ 23.45 และใช้กากในอัตราส่วนของ แป้ง : เยื่อกระดาษ เท่ากับ 1: 99

โดยที่กระดาษ 1 แผ่น มี basis weight เท่ากับ 125 กรัมต่อตารางเมตร ดังนั้นมีน้ำหนักแห้ง เท่ากับ 3.93 กรัม แสดงว่ามี

แป้ง $= \frac{1 \times 3.93}{100} = 0.0393$ กรัม และ เยื่อกระดาษ $= \frac{99 \times 3.93}{100} = 3.8907$ กรัม

- หาน้ำหนักแป้งที่ต้องชั่งได้จากความชื้นของแป้ง ดังนี้

เช่น สมมติให้แป้งมีความชื้นเท่ากับร้อยละ 9.04 แสดงว่า

เนื้อแป้ง 90.96 กรัม จะมาจากแป้ง 100 กรัม

ถ้าต้องการเนื้อแป้ง 0.0393 กรัม จะต้องชั่งแป้ง $\frac{0.0393 \times 100}{90.96}$ = 0.0432 กรัม

ดังนั้นจะต้องชั่งแป้งเท่ากับ 0.0432 กรัม

แต่เนื่องจากกากมีปริมาณแป้งอยู่ร้อยละ 23.45 แสดงว่า

แป้ง 23.45 กรัม จะอยู่ในกาก 100 กรัม

ถ้าต้องการแป้ง 0.0432 กรัม จะต้องใช้กาก $\frac{0.0432 \times 100}{23.45}$ = 0.1842 กรัม

ดังนั้นจะต้องชั่งกากเท่ากับ 0.1842 กรัมต่อการขึ้นแผ่นกระดาษ 1 แผ่น

ภาคผนวก ข

ข้อมูลการทดลอง

ตารางที่ ข.1 ค่าความแตกต่างของค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงของกระดาษที่ผสมด้วยแป้งประจุบวกและแป้งแอมโฟเทอริก

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	9.331	1	9.331	11.584	.001
Within Groups	38.664	48	.805		
Total	47.995	49			

ตารางที่ ข.2 ค่าความแตกต่างของค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงของกระดาษที่ผสมด้วยกากประจุบวกและกากแอมโฟเทอริก

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	17.182	1	17.182	4.376	.042
Within Groups	188.457	48	3.926		
Total	205.638	49			

ตารางที่ ข.3 ค่าความแตกต่างของค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงของกระดาษที่ผสมด้วยแป้งดัดแปรและกากดัดแปร

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	428.923	1	428.923	234.289	.000
Within Groups	87.876	48	1.831		
Total	516.798	49			

ตารางที่ ข.4 ค่าความแตกต่างของค่าความแข็งแรงต่อแรงฉีกของกระดาษที่ผสมด้วยแป้งประจุบวกและแป้งแอมโฟเทอริก

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.568	1	.568	4.345	.042
Within Groups	6.276	48	.131		
Total	6.844	49			

ตารางที่ ข.5 ค่าความแตกต่างของค่าความแข็งแรงต่อแรงฉีกของกระดาษที่ผสมด้วยกากประจุบวกและกากแอมโฟเทอริก

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.001	1	.001	.010	.922
Within Groups	4.343	48	.090		
Total	4.344	49			

ตารางที่ ข.6 ค่าความแตกต่างของค่าความแข็งแรงต่อแรงฉีกของกระดาษที่ผสมด้วยแป้งดัดแปรและกากดัดแปร

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.218	1	.218	3.535	.066
Within Groups	2.957	48	.062		
Total	3.175	49			

ตารางที่ ข.7 ค่าความแตกต่างของค่าความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุของกระดาษที่ผสมด้วยแป้งประจุบวกและแป้งแอมโฟเทอริก

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	1	.000	.030	.863
Within Groups	.260	48	.005		
Total	.260	49			

ตารางที่ ข.8 ค่าความแตกต่างของค่าความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุของกระดาษที่ผสมด้วยกากประจุบวกและกากแอมโฟเทอริก

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.068	1	.068	8.177	.006
Within Groups	.397	48	.008		
Total	.465	49			

ตารางที่ ข.9 ค่าความแตกต่างของค่าความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุของกระดาษที่ผสมด้วยแป้งดัดแปรและกากดัดแปร

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.373	1	1.373	272.465	.000
Within Groups	.242	48	.005		
Total	1.615	49			

ตารางที่ ข.10 ค่าความแตกต่างของค่าความต้านทานแรงกดลอนลูกฟูกของกระดาษที่ผสมด้วยกากประจุบวกและกากแอมโฟเทอริก

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2223.123	1	2223.123	6.541	.015
Within Groups	11556.165	34	339.887		
Total	13779.288	35			

ตารางที่ ข.11 ค่าความแตกต่างของค่าความต้านทานแรงกดลอนลูกฟูกของกระดาษที่ผสมด้วยแป้งดัดแปรและกากดัดแปร

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1234.631	1	1234.631	20.877	.000
Within Groups	946.195	16	59.137		
Total	2180.826	17			

ตารางที่ ข.12 ค่าดัชนีความแข็งแรงต่อแรงดึงของกระดาษที่ผสมด้วยแป้งดัดแปร

ปริมาณแป้ง (ร้อยละ)	ค่าดัชนีความแข็งแรงต่อแรงดึง (N·m/g)								
	แป้งดิบ	แป้งประจุบวก				แป้งแอมโฟเทอริก			
		1%CHPT	2%CHPT	5%CHPT	8%CHPT	1%CHPT	2%CHPT	5%CHPT	8%CHPT
0.5	31.63	37.83	33.26	35.93	32.28	35.69	34.30	36.26	35.32
	34.98	34.66	36.26	36.23	32.76	36.51	37.05	35.87	35.79
	32.24	35.40	33.06	35.12	34.01	35.02	36.60	38.53	35.20
	30.11	33.53	35.54	35.99	33.71	32.44	38.15	36.85	35.43
	32.24	35.62	33.53	35.63	28.05	34.58	34.68	34.46	36.09
1	36.35	37.09	34.48	34.91	33.57	35.08	37.80	36.89	31.23
	35.02	35.71	35.11	38.09	34.63	33.24	36.60	34.31	35.97
	34.07	36.58	36.32	36.39	33.91	34.87	37.81	35.36	35.25
	35.51	35.42	34.85	36.45	36.09	36.84	37.19	32.21	32.96
	33.39	35.01	33.17	36.31	33.85	36.35	36.85	35.36	34.46
1.5	30.77	35.75	34.89	34.29	34.12	34.49	34.27	29.19	33.06
	34.15	35.30	34.99	33.92	34.51	36.99	36.18	35.12	36.52
	30.30	32.58	34.39	35.52	37.10	34.71	36.62	31.90	34.77
	31.69	34.21	34.07	34.38	34.91	40.97	36.96	32.79	33.87
	35.31	33.18	35.85	35.88	33.06	36.80	36.07	33.28	35.08
2	30.62	34.11	35.04	34.89	32.70	34.80	35.08	33.10	36.17
	32.05	34.06	41.81	33.66	33.67	35.77	36.47	35.34	36.09
	32.66	34.47	34.70	32.56	34.10	35.23	36.50	32.94	37.32
	29.58	35.58	36.22	32.86	32.35	37.72	32.17	35.80	36.21
	39.76	36.12	38.19	33.75	34.51	37.94	36.14	34.83	34.25
3	31.20	35.10	33.43	38.77	32.97	38.06	34.80	32.98	35.30
	30.68	33.53	32.81	33.33	34.27	36.66	34.91	32.89	34.50
	33.59	35.69	33.63	33.84	31.93	40.19	43.46	34.83	37.58
	31.08	32.00	35.10	35.51	33.49	36.65	36.31	34.40	37.10
	36.49	33.22	32.51	37.42	35.06	33.94	35.16	35.96	37.91

ตารางที่ ข.13 ค่าดัชนีความแข็งแรงต่อแรงดึงของกระดาษที่ผสมด้วยกากดัดแปร

ปริมาณแป้ง (ร้อยละ)	ค่าดัชนีความแข็งแรงต่อแรงดึง (N·m/g)								
	กากมันสำปะหลัง	กากประจุบวก				กากแอมโฟเทอริก			
		1%CHPT	2%CHPT	5%CHPT	8%CHPT	1%CHPT	2%CHPT	5%CHPT	8%CHPT
0.5	25.37	31.54	30.30	29.58	28.66	31.31	30.65	31.54	34.18
	26.72	34.72	30.44	27.94	29.87	35.00	32.06	33.93	34.11
	32.28	30.89	30.25	33.46	29.72	30.63	32.98	35.09	35.19
	27.89	33.88	30.70	27.25	31.40	30.34	31.63	34.81	33.90
	28.93	31.95	34.24	31.03	27.05	32.19	31.70	34.52	33.73
1	25.34	29.14	31.08	32.78	27.53	28.95	20.49	30.94	32.26
	27.67	26.44	32.42	30.22	27.44	29.15	24.85	32.39	30.55
	24.20	27.95	29.01	28.33	27.08	28.09	23.17	31.31	34.12
	27.57	33.35	30.70	25.39	29.64	27.34	21.76	33.17	33.77
	22.74	30.90	34.63	33.58	27.46	32.03	25.65	32.98	32.53
1.5	26.49	30.68	32.38	31.25	27.42	27.00	27.00	31.72	30.60
	26.19	30.51	33.62	26.51	25.77	27.52	27.20	25.55	31.43
	25.70	26.76	33.00	24.01	28.94	29.51	26.97	30.57	31.43
	26.74	30.29	32.23	25.92	28.01	29.86	28.24	28.59	32.62
	27.09	29.28	37.42	28.48	29.39	29.22	27.57	33.04	33.48
2	23.95	28.24	33.34	27.78	27.61	28.62	30.46	28.24	32.07
	24.49	28.44	26.78	25.28	26.38	28.89	29.88	30.80	30.66
	25.60	25.94	28.08	26.00	25.30	28.73	28.76	29.35	31.90
	25.34	28.13	26.69	26.88	28.10	28.55	29.06	29.43	30.85
	27.11	29.40	31.76	26.20	27.84	26.03	28.32	30.90	30.64
3	22.93	24.21	26.70	23.32	26.28	24.63	24.99	27.85	32.39
	21.28	26.55	26.43	26.21	24.50	26.95	27.31	27.73	31.05
	21.23	27.23	25.27	25.04	26.59	26.96	28.33	29.94	28.56
	22.95	25.80	26.70	23.93	27.37	27.05	25.34	27.21	30.92
	22.66	26.34	21.20	23.19	28.12	25.92	26.07	29.92	28.74

ตารางที่ ข.14 ค่าดัชนีความแข็งแรงต่อแรงฉีกของกระดาษที่ผสมด้วยแป้งดัดแปร

ปริมาณแป้ง (ร้อยละ)	ค่าดัชนีความแข็งแรงต่อแรงฉีก($mN \cdot m^2/g$)								
	แป้งดิบ	แป้งประจุบวก				แป้งแอมโฟเทอริก			
		1%CHPT	2%CHPT	5%CHPT	8%CHPT	1%CHPT	2%CHPT	5%CHPT	8%CHPT
0.5	5.88	6.67	5.67	6.24	7.58	6.05	6.44	6.88	6.45
	6.74	6.03	6.08	5.61	6.56	6.16	6.69	6.19	6.19
	6.48	6.42	5.49	5.88	6.55	6.03	5.86	6.27	5.87
	5.79	6.66	6.16	6.41	7.43	5.85	6.49	6.63	6.41
	6.22	6.72	5.83	5.60	9.69	6.38	6.60	6.25	6.87
1	6.37	5.97	6.41	7.11	7.65	6.33	7.53	7.35	6.74
	5.85	6.38	6.19	5.95	6.47	6.25	6.12	7.14	6.63
	7.93	6.30	6.46	6.23	6.51	6.79	6.29	8.53	6.50
	6.00	6.57	5.80	6.70	7.88	6.37	6.85	6.87	6.70
	6.49	6.61	6.15	6.10	6.80	5.76	6.12	7.73	6.17
1.5	6.00	6.23	6.19	6.09	6.33	6.65	6.28	5.27	6.87
	6.42	6.23	6.07	6.23	6.42	6.91	6.04	5.64	6.46
	6.16	6.40	5.79	6.18	5.88	6.64	5.93	5.42	6.27
	5.74	6.76	5.59	5.75	5.58	6.42	6.50	6.83	6.83
	6.38	7.17	6.31	6.60	7.66	6.69	5.73	5.61	5.80
2	6.80	5.84	6.43	5.90	6.04	6.47	5.77	5.23	6.70
	8.25	6.14	6.73	5.80	5.00	7.36	6.20	5.54	5.61
	6.10	6.21	6.60	5.88	5.85	6.84	6.89	5.96	6.23
	6.70	5.81	6.78	6.86	6.21	7.75	5.78	5.15	8.30
	6.83	6.24	5.93	6.67	6.25	6.23	6.10	5.93	6.29
3	6.52	6.20	6.40	6.60	5.14	6.15	6.19	5.83	8.30
	6.35	5.99	6.06	5.59	4.72	6.49	6.38	9.07	6.68
	6.80	6.19	5.59	5.65	4.60	6.53	7.02	5.80	7.50
	6.06	6.28	5.51	5.98	5.13	6.56	6.03	6.34	6.04
	7.47	6.51	5.87	5.75	4.95	6.61	6.33	5.99	5.75

ตารางที่ ข.15 ค่าดัชนีความแข็งแรงต่อแรงฉีกของกระดาษที่ผสมด้วยกากดัดแปร

ปริมาณแป้ง (ร้อยละ)	ค่าดัชนีความแข็งแรงต่อแรงฉีก($mN \cdot m^2/g$)								
	กากมันสำปะหลัง	กากประจุบวก				กากแอมโฟเทอริก			
		1%CHPT	2%CHPT	5%CHPT	8%CHPT	1%CHPT	2%CHPT	5%CHPT	8%CHPT
0.5	6.12	7.02	6.48	6.41	6.91	7.16	7.78	6.37	6.27
	6.45	6.12	5.98	5.59	7.64	6.74	6.30	6.87	6.67
	7.34	6.04	6.02	6.62	7.40	7.03	7.02	6.34	5.43
	6.75	6.75	5.71	5.43	6.87	8.56	6.79	5.64	5.50
	6.76	5.62	6.37	5.91	6.11	7.28	8.24	4.94	5.06
1	5.95	5.15	6.09	6.56	6.54	7.34	8.29	4.50	4.87
	6.14	4.90	6.63	6.68	6.54	6.47	7.01	5.51	5.43
	6.02	5.72	6.19	6.03	6.07	7.01	6.29	5.82	4.93
	5.90	6.09	5.75	5.20	6.91	8.21	7.37	4.98	5.45
	5.78	7.11	6.52	7.17	6.86	7.69	7.41	4.57	5.78
1.5	6.29	5.89	7.20	5.92	6.60	6.68	6.33	5.66	5.38
	6.07	6.26	6.45	6.27	5.69	6.28	6.27	6.26	6.05
	6.05	5.32	6.25	5.43	6.85	6.07	5.17	7.21	5.33
	6.83	6.10	6.46	5.50	6.45	7.74	4.80	7.67	4.44
	6.17	6.49	7.02	5.87	7.16	7.00	5.84	5.99	4.90
2	6.00	5.83	6.51	6.43	6.86	7.30	6.67	5.32	5.27
	6.34	5.99	6.03	5.80	6.41	7.04	7.86	7.52	4.98
	6.32	5.29	5.59	6.70	6.32	6.75	5.30	6.35	5.80
	5.56	5.67	5.90	6.51	6.17	8.11	5.65	6.40	4.59
	6.49	5.99	6.43	6.40	6.88	6.92	5.40	6.42	5.06
3	6.22	5.48	6.49	6.22	6.19	6.53	5.34	5.88	4.76
	6.06	5.68	5.79	6.01	6.18	6.83	5.66	5.88	5.89
	5.97	5.92	5.43	6.09	5.90	6.95	6.34	5.27	4.77
	5.78	5.67	6.55	5.63	7.12	6.85	5.82	5.27	4.81
	5.68	5.41	5.13	6.73	6.52	7.21	6.36	5.79	5.07

ตารางที่ ข.16 ค่าดัชนีความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุของกระดาษที่ผสมด้วยแป้งดัดแปร

ปริมาณแป้ง (ร้อยละ)	ค่าดัชนีความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุ (kPa·m²/g)								
	แป้งดิบ	แป้งประจุบวก				แป้งแอมโฟเทอริก			
		1%CHPT	2%CHPT	5%CHPT	8%CHPT	1%CHPT	2%CHPT	5%CHPT	8%CHPT
0.5	1.58	1.87	1.87	1.71	1.62	1.31	1.89	1.79	1.79
	1.47	1.95	1.94	1.85	1.66	1.89	1.80	1.77	1.84
	1.40	1.95	1.64	1.76	1.71	1.64	1.89	1.85	1.89
	1.53	1.94	1.92	1.75	1.58	1.62	1.85	1.79	1.86
	1.48	1.89	1.80	1.69	1.69	1.51	1.79	1.86	1.92
1	1.91	1.90	1.86	1.79	1.71	1.87	1.86	1.76	1.85
	1.94	1.93	1.73	1.87	1.60	1.68	1.78	1.57	1.83
	1.87	1.91	1.87	1.59	1.64	1.51	1.78	1.73	1.74
	1.54	2.05	1.85	1.79	1.71	1.58	1.31	1.73	1.86
	1.76	1.91	1.86	1.83	1.60	1.75	1.78	1.61	1.86
1.5	1.59	1.84	1.84	1.75	1.76	1.98	1.82	1.39	1.77
	1.71	1.96	1.83	1.77	1.66	2.00	1.88	1.81	1.89
	1.64	1.86	1.80	1.74	1.60	1.86	1.84	1.54	1.79
	1.68	2.05	1.80	1.69	1.69	2.05	1.84	1.60	1.82
	1.89	1.90	1.70	1.69	1.64	1.97	1.83	1.57	1.88
2	1.80	1.92	1.94	1.69	1.77	1.94	1.70	1.88	2.01
	1.73	2.06	2.01	1.65	1.75	2.04	1.83	1.74	2.06
	1.74	2.10	1.92	1.70	1.66	1.93	1.71	1.94	1.84
	1.70	1.82	2.04	1.62	1.71	2.05	1.81	1.85	1.91
	1.99	1.68	2.00	1.77	1.71	2.07	1.80	1.82	1.80
3	1.77	1.90	1.66	2.08	1.73	1.81	1.69	1.72	1.71
	1.68	2.02	1.83	1.65	1.71	1.87	1.74	0.95	1.98
	0.96	1.98	1.78	1.70	1.67	2.01	2.27	1.90	2.00
	1.69	2.01	1.99	1.61	1.74	1.74	1.70	1.60	1.83
	1.78	1.94	1.75	2.03	1.61	1.92	1.60	1.86	2.15

ตารางที่ ข.17 ค่าดัชนีความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุของกระดาษที่ผสมด้วยกากดัดแปร

ปริมาณแป้ง (ร้อยละ)	ค่าดัชนีความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุ(kPa·m^2/g)								
	กากมันสำปะหลัง	กากประจุบวก				กากแอมโฟเทอริก			
		1%CHPT	2%CHPT	5%CHPT	8%CHPT	1%CHPT	2%CHPT	5%CHPT	8%CHPT
0.5	1.19	1.63	1.62	1.48	1.39	1.64	1.51	1.69	1.67
	1.33	1.74	1.52	1.41	1.38	1.47	1.60	1.65	1.58
	1.43	1.54	1.40	1.67	1.45	1.70	1.56	1.63	1.73
	1.45	1.66	1.63	1.30	1.63	2.06	1.59	1.64	1.37
	1.30	1.49	1.59	1.50	1.24	1.78	1.54	1.65	1.38
1	1.30	1.37	1.46	1.54	1.59	1.48	1.47	1.48	1.59
	1.32	1.27	1.69	1.52	1.31	1.57	1.49	1.54	1.62
	1.31	1.52	1.50	1.42	1.28	1.41	1.48	1.66	1.59
	1.32	1.53	1.54	1.23	1.56	1.53	1.51	1.54	1.63
	1.23	1.63	1.52	1.57	1.34	1.51	1.53	1.59	1.62
1.5	1.48	1.49	1.48	1.44	1.58	1.44	1.44	1.65	1.54
	1.19	1.54	1.60	1.37	1.34	1.41	1.55	1.43	1.62
	1.19	1.32	1.73	1.23	1.51	1.49	1.58	1.54	1.64
	1.45	1.55	1.61	1.41	1.28	1.43	1.40	1.48	1.78
	1.18	1.56	2.00	1.44	1.51	1.37	1.46	1.51	1.51
2	1.33	1.33	1.57	1.40	1.39	1.39	1.69	1.42	1.52
	1.21	1.43	1.29	1.33	1.28	1.46	1.45	1.44	1.45
	1.23	1.38	1.50	1.36	1.34	1.53	1.45	1.52	1.57
	1.19	1.43	1.36	1.37	1.25	1.48	1.45	1.46	1.59
	1.59	1.46	1.52	1.33	1.18	1.39	1.38	1.59	1.51
3	1.14	1.40	1.35	1.21	1.35	1.31	1.20	1.36	1.55
	1.06	1.27	1.30	1.26	1.24	1.35	1.35	1.33	1.40
	1.11	1.34	1.32	1.32	1.28	1.20	1.39	1.41	1.58
	1.11	1.31	1.22	1.16	1.37	1.35	1.30	1.37	1.55
	1.19	1.28	1.55	1.24	1.34	1.23	1.30	1.38	1.44

ตารางที่ ข.18 ค่าความต้านทานแรงกดลอนลูกฟูกของกระดาษ

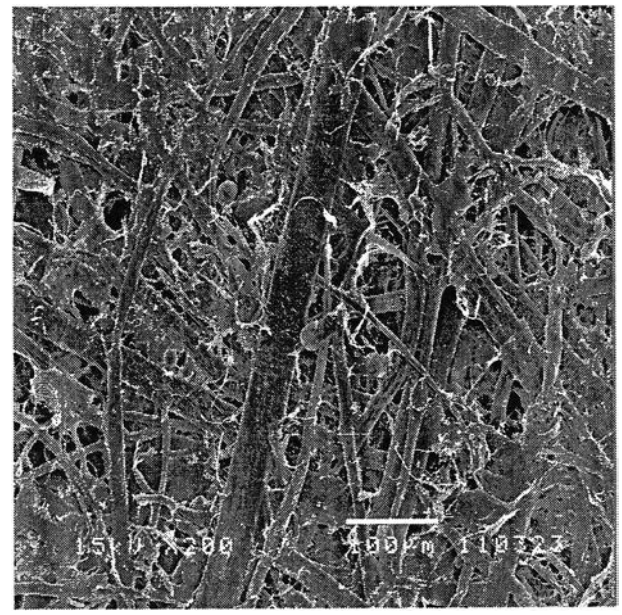
ปริมาณแป้ง (ร้อยละ)	ค่าความต้านทานแรงกดลอนลูกฟูก(N)					
	กากมันสำปะหลัง	แป้งประจุบวก	แป้งแอมโฟเทอริก	กากประจุบวก		กากแอมโฟเทอริก
		8%CHPT	8%CHPT	5%CHPT	8%CHPT	1%CHPT	2%CHPT
0.5	98.1	147	206	172	118	123	137
	98.1	157	186	132	118	123	147
	93.2	172	196	142	118	147	147
1	108	172	196	152	103	162	142
	108	137	196	157	108	132	162
	108	137	206	157	98.1	137	167
1.5	98.1	157	186	128	118	147	157
	118	167	186	137	118	157	142
	108	157	216	167	132	157	172

ตารางที่ ข.19 ค่าความแข็งแรงของกระดาษภาวะควบคุม

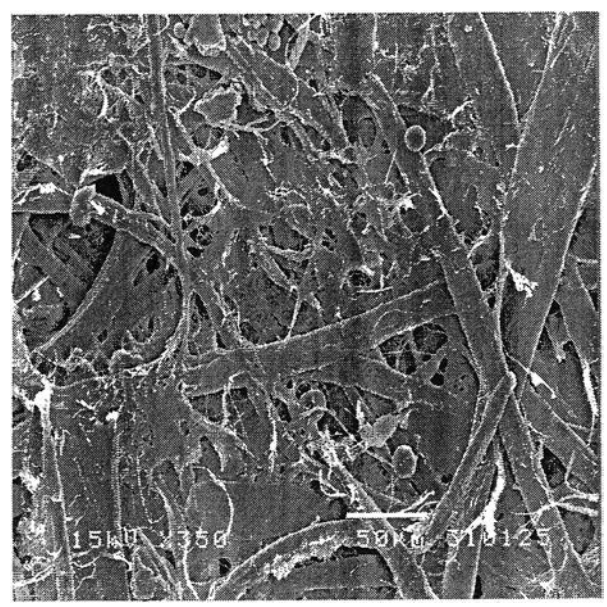
จำนวนตัวอย่าง	ค่าดัชนีความแข็งแรงต่อแรงดึง (N·m/g)	ค่าดัชนีความแข็งแรงต่อแรงฉีก(mN·m^2/g)	ค่าดัชนีความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุ (kPa·m^2/g)	ค่าความต้านทานแรงกดลอนลูกฟูก(N)
1	37.04	6.06	2.01	118
2	26.36	6.54	1.72	118
3	35.60	6.16	1.96	118
4	35.44	6.14	2.07	-
5	34.80	5.84	2.08	-

ภาคผนวก ค

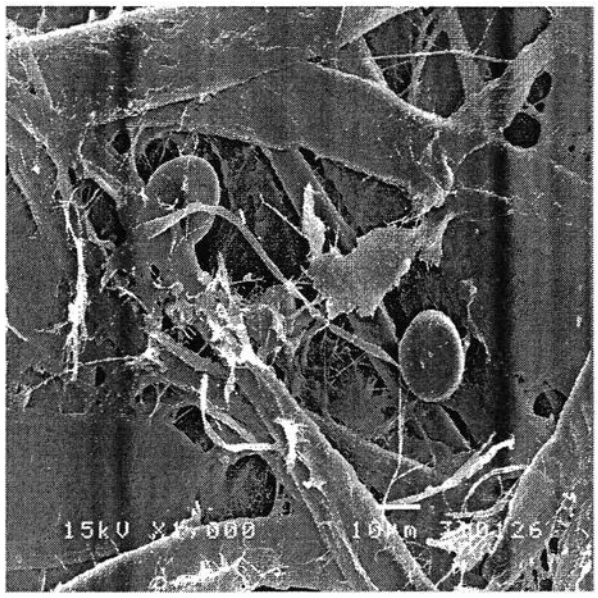
ภาพจากการถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด



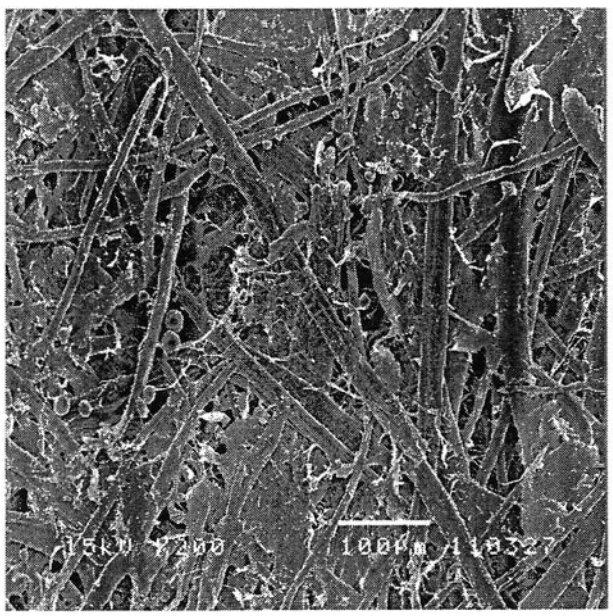
ภาพที่ ค.1 กระดาษที่ผสมด้วยแป้งดิบ ที่กำลังขยาย 200 เท่า



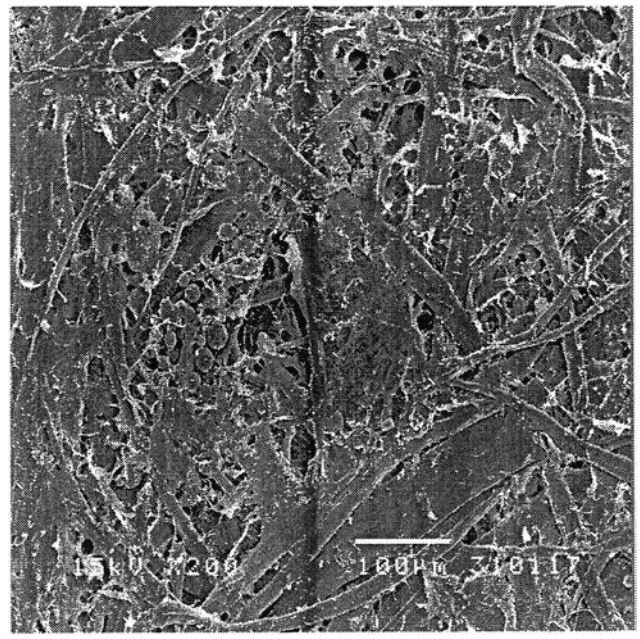
ภาพที่ ค.2 กระดาษที่ผสมด้วยแป้งประจุบวก ที่กำลังขยาย 350 เท่า



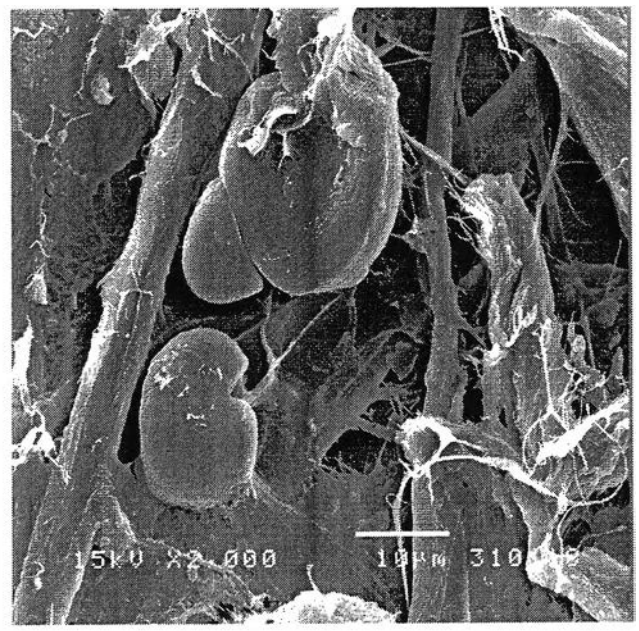
ภาพที่ ค.3 กระดาษที่ผสมด้วยแป้งประจุบวก ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า



ภาพที่ ค.4 กระดาษที่ผสมด้วยกากมันสำปะหลัง ที่กำลังขยาย 200 เท่า



ภาพที่ ค.5 กระดาษที่ผสมด้วยกากแอมโฟเทอริก ที่กำลังขยาย 200 เท่า



ภาพที่ ค.6 กระดาษที่ผสมด้วยกากแอมโฟเทอริก ที่กำลังขยาย 2,000 เท่า

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ประวัติส่วนตัว

นางสาวปาริชาติ พิบูลหิรัญธำรง เกิดวันที่ 24 สิงหาคม พ.ศ. 2526 ที่จังหวัดกรุงเทพมหาคร

ประวัติการศึกษา

ปีพ.ศ. 2548 สำเร็จการศึกษาปริญญาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

ผลงานทางวิชาการ

P. Piboonhirunthumrong, S. Chaiareekij and K. Suvarnakich.(2008). The use of cassava residue for use as a dry strength agent in paper. 9th National Grad Research Conference. Thailand.P-069