

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กิตติพงษ์ รัตนภรณ์. การแยกโปรตีนออกจากผงเนื้อในเมล็ดมะขามโดยใช้เครื่องกรองชนิดหมุนได้, วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

โกศล จริ่งสูงเนิน. การเตรียมน้ำยางสด. วารสารยางพารา, 2528.

พีรภัทร์ แสงทองฉาย และฐาปกรณ์ บุญส่งสวัสดิ์. ผลของการตกตะกอนของซีเมนต์ตามระดับความสูงของบ่อปรับคุณภาพต่ออัตราการผลิตน้ำยางข้น, ซีเนียร์โปรเจคปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

ณัฏฐวัฒน์ พลอยวัฒนาวงศ์. ผลของตัวกวนต่อการเกิดตะกอนซีเมนต์ในน้ำยางสด, ซีเนียร์โปรเจคปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

บุญธรรม นิธิอุทัย และคณะ. เทคโนโลยีน้ำยางข้น, หน้า 1-3. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2539.

ปราณี กิตติอนงค์. การประยุกต์ใช้ไมโครฟิลเตรชันในกระบวนการกำจัดความขมออกจากสเปนท์รีเวอร์ยีสต์, วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

พงษ์ธร แซ่ฮุย. ยาง: ชนิด สมบัติ และการใช้งาน. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2547.

พรพรรณ นิธิอุทัย. ยาง: เทคนิคการออกสูตร. ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์วิทยาเขตปัตตานี, 2540.

วรภรณ์ ขจรไชยกูล. การผลิตยางธรรมชาติ. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ยาง สถาบันวิจัยยาง, 2531.

เวท ไทยนุกูล. การผลิตและการควบคุมคุณภาพยาง, หน้า 3. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยยาง, 2532.

เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังสี. การผลิตยางธรรมชาติ, หน้า 67-77. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์วิทยาเขตปัตตานี, 2547.

สุขุม ภูมิรินทร์วรากุล. การประยุกต์ใช้เทคนิคไดอะฟิลเตรชันและคอนเซนเตรชันเพื่อแยกโปรตีนออกจากผงเนื้อในเมล็ดมะขามโดยใช้เครื่องกรองชนิดหมุนได้. วิทยานิพนธ์ปริญญา
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
2544.

สุรศักดิ์ สุทธิสงค์. วิทยาศาสตร์ของน้ำยางธรรมชาติ. ในเอกสารประกอบการสัมมนาเชิง
ปฏิบัติการ, หน้า 5, 7-9. ณ สถาบันวิจัยยาง, 2532.

ภาษาอังกฤษ

Andersen Ole. And Bojgaard Svend Erik. A cheese-like product. a process of its
preparation and the use thereof. E.P. Patent., 1988.

Anne S. et al. Concentration and desalination of fish gelatin by ultrafiltration and
continuous diafiltration process. Desalination 144, 2002: 313-318.

Blackley, D.C. Polymer latexes. New York: Science and technology (2nd Ed.),
Chapman & Hall, 1966.

Edmond P. et.al., Investigation of how agitation during precipitation, and subsequent
processing affects the particle size distribution and separation of α -lactalbumin
enriched whey protein precipitates. Biochemical Engineering Journal 10(August
2001): 17-25.

Edmond P. et.al., Influence of shear on particle size and fractal dimension of whey
protein precipitates: implications for scale-up and centrifugal clarification
efficiency. Chemical Engineering Science 57(July 2002): 3767-3779.

IRSG Rubber statistical Bulletin. World production of NR, vol 62, March/April, 2008.

John C.K. A Novel Method of Stabilising Hevea Latex. J. Rubb. Inst. Malaysia, 24(2),
1974, p.111.

Kanyawararak K. In vitro rubber Biosynthesis from fresh bottom fraction: Formation of
polyprenol and rubber. A master thesis in Department of Polymer science and
Technology Thailand; Faculty of Science, Mahidol University, 2005.

Kazunori N. et.al. Application of a Rotating Ceramic Membrane to Dense Cell Culture.
J.Ferment.Bioeng 76 (1993):49-54.

- Larry S. Desalting and Buffer Exchange by Dialysis, Gel filtration or Diafiltration. Life Science pn 33290, USA, 2003.
- Pakianathan, S.W., Boatman, S.G. and Taysum, D.H. particle aggregation following dilution of Hevea latex : A possible mechanism for the closure of latex vessels after tapping. J. Rub. Res. Inst. Malaya 19 (1966): 259.
- Richard H. et.al. Anti-Fouling Mechanism in Rotating Filtration. 12th International Couette Taylor Workshop, September pp.6-8, USA, 2001.
- Sakdapipanich J., Suksujaritporn S and Tanaka Y Structural Characterisation of the Small Rubber Particles in Fresh Hevea Latex, J. Rubb. Res., (2) 1999:160-168
- Southorn, W.A. Physiology on Hevea (latex-flow). J. Rubber Res. Inst. Malaya 21(1969): 494-512.
- Tangpakdee J. Structure Characterization of Natural Rubber : Analysis of Biosynthesis Mechanism, Braching Formation and Role of Rubber in Hevea tree. PhD Thesis on Engineering submitted to the Tokyo University of Agriculture and Technology. Japan, 1998.
- Tanja K et.al. Protein Transmission During Dean Vortex Microfiltration of Yeast Suspension. J. Biotech. Bioeng 65 (1999): 649-658.
- Veerasamy D. et.al. Environment Friendly Natural Rubber Latex Concentration by Membrane Separation Technology. The Fifth International Membrane Science and Technology Conference (IMSTEC 03) 10-14 November 2003. Sydney, Australia. pp 1-6.
- Woo C.H. Rubber Coagulation by Enzymes of Hevea Brasiliensis Latex. J. Rubb. Res. Inst. Malaysia 23(5), 1973, p.323.
- Yip E. and Gomez J.B. Stability of Fresh Hevea Latex in Relation to latex Vessel Plugging. Proc. Inst. Rubber. Conf. Kuala Lumpur, Rubber Res. Inst. Malaysia, 1975.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์

1. การทดสอบความหนืด (Determination of Viscosity)

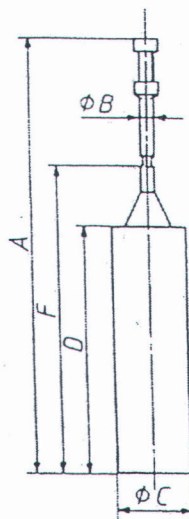
เครื่องมือ/อุปกรณ์

1. เครื่องวัดความหนืด (viscometer) ประกอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า มีเพลาลับเคลื่อนแท่ง กวรูปทรงและมิติที่เหมาะสม (รูปที่ 3.4 และ 3.5 ตารางที่ 3.1) ประกอบติดเข้ากับเพลลา หมุนได้ด้วยความเร็วคงที่ ซึ่งทำให้เกิดแรงที่สมดุลกับสเกลและเข็มวัดบนหน้าปัดที่สอบเทียบหน่วยจาก 0 ถึง 100 เพื่อบ่งชี้ความหนืด สามารถเลือกใช้เครื่องวัดความหนืดได้สองแบบ

1.1 แบบ L ใช้วัดความหนืดได้ถึง 2000 มิลลิปาสคาล*วินาที (mPa*s) หรือ 2000 เซนติพอยส์

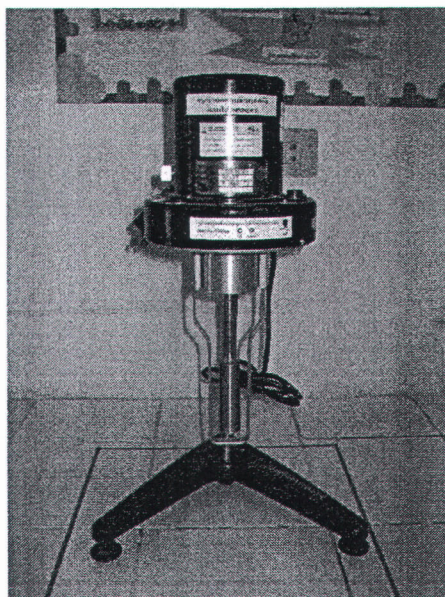
1.2 แบบ R ใช้ความหนืดสูงกว่า 200 มิลลิปาสคาล*วินาที หรือ 200 เซนติพอยส์

ในการทดลองนี้ได้ใช้เข็มวัดความหนืดแบบ L1



รูปที่ ก 1 เข็มวัดความหนืดแบบ L1

2. บีกเกอร์ (beaker) แก้วปริมาตรไม่น้อยกว่า 600 ลูกบาศก์เซนติเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลางภายในไม่น้อยกว่า 85 มิลลิเมตร



รูปที่ ก 2 เครื่องวัดความหนืด

ตารางที่ ก 1 มิติของแท่งกวน (หน่วย; มิลลิเมตร)

แบบแท่งกวน	A $\pm$ 1.3	B $\pm$ 0.03	C $\pm$ 0.03	D $\pm$ 0.06	E $\pm$ 1.3	F $\pm$ 0.15
L1	115.1	3.18	18.84	65.10	-	81.0
L2	115.1	3.18	18.72	6.86	25.4	50.0
L3	115.1	3.18	12.70	1.65	25.4	50.0
R1	133.3	3.18	56.26	22.48	27.0	61.1
R2	133.3	3.18	46.93	1.57	27.0	49.2
R3	133.3	3.18	34.69	1.65	27.0	49.2

วิธีการทดลอง

1. เทตัวอย่างทดสอบประมาณ 500 ลูกบาศก์เซนติเมตรในบีกเกอร์
2. เลือกแท่งกวนหมายเลขต่ำสุด ประกอบเข้ากับมอเตอร์เพลาลับเคลื่อน ประกอบเครื่องป้องกัน (guard) เข้ากับโครมมอเตอร์ของเครื่องวัดความหนืด
3. จุ่มแท่งกวนและเครื่องป้องกัน ให้ระดับผิวหน้าตัวอย่างทดสอบอยู่ตรงกับรอยบากของแท่งกวน กระะยะให้แท่งกวนอยู่ตรงกลางของบีกเกอร์ และอยู่ในแนวตั้ง
4. เลือกความเร็วรอบของเครื่องวัดความหนืดสองแบบ ดังนี้
 - 4.1 แบบ L: ใช้ความเร็ว 60 รอบ/นาที $\pm$ 0.2 รอบ/นาที
 - 4.2 แบบ R: ใช้ความเร็ว 20 รอบ/นาที $\pm$ 0.2 รอบ/นาที

5. เปิดสวิตช์มอเตอร์ให้แท่งกวนหมุน อาจใช้เวลาประมาณ 20 วินาที – 30 วินาที ก่อนเกิดความสมดุล ให้ปฏิบัติตามคำแนะนำวิธีการใช้เครื่องในการอ่านค่าสเกล

การคำนวณ

คำนวณค่าความหนืดของตัวอย่างทดสอบเป็นหน่วยมิลลิปาสคาล*วินาที หรือ เซนติพอยส์ โดยคูณค่าที่ได้ด้วยแฟคเตอร์ที่สอดคล้องกับแบบของแท่งกวนในตารางที่ 3.2

ตารางที่ ก 2 แฟคเตอร์ของแท่งกวน

แบบแท่งกวน	แฟคเตอร์
L1	1
L2 หรือ R1	5
L3 หรือ R2	20
R3	50

*** ในที่นี้ได้ทำการทดลองหาความหนืดโดยใช้แท่งกวนแบบ L1 ***

ผลการวัดได้ค่าความหนืดของน้ำยางสด คือ 11.2 เซนติพอยส์

2. การทดสอบความหนาแน่น

เครื่องมือ/อุปกรณ์

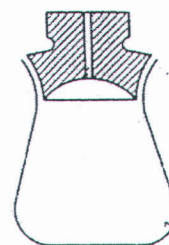
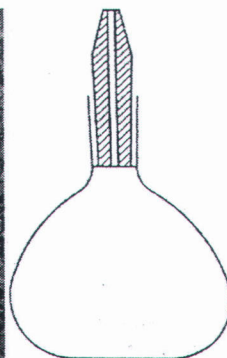
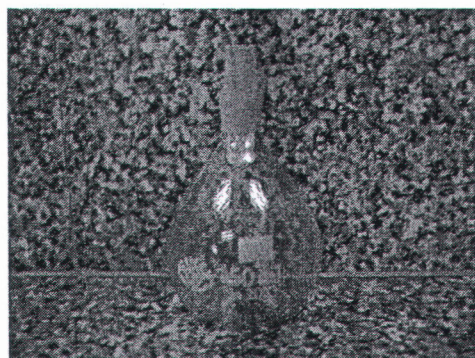
1. อุปกรณ์พื้นฐานในห้องปฏิบัติการ
2. ขวดความหนาแน่น (density bottle) (พิกโนมิเตอร์, pyknometer) ความจุ 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร พร้อมจุกแก้วที่มีท่อกลวงเล็ก (รูปที่ 3.6)
3. เครื่องชั่งแบบวิเคราะห์ (analytical balance) อ่านได้ละเอียด 1 มิลลิกรัม (0.001 กรัม)

วิธีการทดลอง

1. ชั่งขวดความหนาแน่นเปล่าพร้อมจุก บันทึกน้ำหนัก
2. เติมน้ำยางให้ล้นขวด จากนั้นปิดด้วยจุกแก้วโดยไม่ให้มีอากาศอยู่ข้างใน เช็ดภายนอกให้สะอาด นำไปชั่งน้ำหนัก
3. เทน้ำยางทิ้ง และทำความสะอาดขวดด้วยน้ำกลั่น

4. เติมน้ำกลั่นให้ล้นขวด จากนั้นปิดด้วยจุกแก้วโดยไม่ให้มีอากาศอยู่ข้างใน เช็ดภายนอกให้สะอาด นำไปชั่งน้ำหนัก

5. นำค่าที่ได้จาก 2. มาหาร 4. จะได้ความถ่วงจำเพาะของน้ำยาง



รูปที่ ก 3 ขวดความหนาแน่น

*** การทดลองหาความหนาแน่นของน้ำยางนี้ กำหนดให้ความหนาแน่นของน้ำคือ 1 g/cm^3 ***
ผลการวัดได้ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำยางสด คือ 0.9756 หรือประมาณ 975.6 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

3. การหาปริมาณความเป็นด่างในน้ำยางสด

หลักการ

ไตเตรทน้ำยางซึ่งมีสารช่วยน้ำยางคงตัว (stabilizer) อยู่ด้วย ให้ได้ค่า pH 6 โดยใช้สารเคมีแสดงการเปลี่ยนสี (indicator) คือ เมทิลเรด (methyl red) คำนวณค่าความเป็นด่างจากปริมาณกรดที่ใช้ในการไตเตรท

สารเคมี/อุปกรณ์

กำหนดให้ใช้น้ำกลั่นหรือน้ำบริสุทธิ์เทียบเท่าน้ำกลั่นในทุกขั้นตอนที่มีการใช้น้ำ

1. สารละลายช่วยให้น้ำยางคงตัว สารละลาย 5% (m/m) ของสารช่วยให้น้ำยางคงตัวพวก non-ionic เช่น ethylene oxide condensate ก่อนใช้ต้องปรับ pH ของสารละลายนี้ให้เป็น 6.0 ± 0.1

สารเคมีต่อไปนี้ต้องใช้สารเคมีชนิดที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพ

2. กรดซัลฟูริกหรือกรดเกลือ (HCl) ความเข้มข้น 0.05 M

3. เมทิลเรด (Methyl red) ทำเป็นสารละลาย 0.1% ในเอทานอล 95%
4. glass electrode ชนิดซึ่งเหมาะที่จะใช้กับสารละลายที่ pH สูงถึง 12.0 ได้

วิธีการทดลอง

เติมน้ำประมาณ 200 มิลลิลิตรลงในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมสารละลายช่วยให้ น้ำยาคงตัว ลงไป 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน แล้วเติมน้ำยาดวอย่างที่ต้องการทดสอบลงไป 5 – 10 กรัม ให้ทำโดยแบ่งน้ำยาดวอย่างบรรจุในขวดรูปชมพูนขนาด 50 มิลลิลิตร ปิดจุกขวดให้สนิท นำไปทิ้งให้ละเอียดถึง 10 มิลลิกรัม แล้วเทน้ำจากขวดรูปชมพูลงในบีกเกอร์ที่เตรียมน้ำผสม สารช่วยให้ น้ำยาคงตัวไว้ ซึ่งขวดรูปชมพู่อีกครั้งหนึ่ง น้ำหนักน้ำยาดวที่ใช้ทดสอบได้จากผลต่างของการชั่งครั้งที่ 1 และ ครั้งที่ 2 เขย่าน้ำยาดวให้เข้ากันดีกับน้ำแล้วนำไปไตเตรท

ไตเตรทโดยใช้เมทิลเรดเป็นตัวสังเกตจุดยุติ (indicator) เติมเมทิลเรด 3 – 5 หยด ลงใน น้ำยาดวที่เตรียมไว้ ในภาวะที่น้ำยาดวเป็นด่างเมทิลเรดจะมีสีเหลือง เขย่าน้ำยาดวเบาๆและ สม่่าเสมอด้วยแท่งแก้วขณะที่เติมสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก หรือกรดเกลือจากบิวเรต ตรวจจบหาจุดยุติ โดยคอยเติมเมทิลเรด ครั้งละ 1 – 2 หยด ลงในน้ำยาดว เพื่อสังเกตสีของเมทิล เรดใน ระหว่างการเติมสารละลายกรดมาตรฐาน จุดยุติคือจุดที่สังเกตเห็นเมทิลเรดมีสีชมพู บันที่ปริมาตรกรดที่ใช้ไปตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงจุดยุติ

การคำนวณผล

คิดเทียบจากจำนวนกรัมของแอมโมเนีย (NH_3) ต่อน้ำยาดว 1 กรัม ดังนี้

$$\text{ความเป็นด่าง } (\text{NH}_3 \text{ ต่อน้ำหนักยาดว}) = \frac{(17 \times N \times V)}{(W \times 1000)} \quad \text{----- (1)}$$

เมื่อ N คือ นอร์มอลิตีของสารละลายกรดมาตรฐาน

V คือ ปริมาตรเป็นมิลลิลิตรของกรดที่ใช้

W คือ น้ำหนักเป็นกรัมของตัวอย่างน้ำยาดว

จากนั้นจึงคำนวณหาปริมาณสารละลายแอมโมเนียที่ใช้เติม ในที่นี้กำหนดมาตรฐาน ปริมาณแอมโมเนียที่ละลายอยู่ในน้ำยาดวจะต้องมีค่าเท่ากับ 0.0045 กรัม NH_3 ต่อกรัม น้ำยาดว และสารละลายแอมโมเนียที่ใช้มีปริมาณน้ำหนัก NH_3 ต่อน้ำหนักสารละลาย เท่ากับ 0.16 กรัม NH_3 ต่อกรัมสารละลาย ดังนั้นสูตรการคำนวณจึงเป็นดังนี้

$$\text{ปริมาณสารละลายแอมโมเนียที่ใช้ (g)} = (0.0045 - \text{ความเป็นด่าง}) \times 1000 \times W_T / 0.1 \quad \text{----- (2)}$$

เมื่อ ความเป็นด่าง ได้จากการคำนวณก่อนหน้านี้นี้

W_T คือ น้ำหนักของน้ำยางสดที่ใช้ทั้งหมดในบ่อปรับคุณภาพ

4. การวิเคราะห์หา %TSC เริ่มต้นในน้ำยางสด

เครื่องมือ/อุปกรณ์

1. อุปกรณ์พื้นฐานในห้องปฏิบัติการ
2. จานเพาะเชื้อ

วิธีการทดลอง

1. ชั่งน้ำยางสด 2-5 g ใส่จานเพาะเชื้อ
2. อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นทำให้เย็นใน Desiccator
3. ชั่งน้ำหนักและบันทึกน้ำหนักแห้งรวม

การคำนวณ

$$\%TSC = \frac{(\text{นน.ยางแห้ง} + \text{นน.จานเพาะเชื้อ}) - \text{นน.จานเพาะเชื้อ}}{\text{นน.น้ำยาง}} \times 100$$

5. การวิเคราะห์หา %DRC ในน้ำยางสด

เครื่องมือ/อุปกรณ์

1. อุปกรณ์พื้นฐานในห้องปฏิบัติการ
2. กรดอะซิติก 5% w/v
3. ถ้วยอลูมิเนียม

วิธีการทดลอง

1. ชั่งน้ำยางสด 10.0 g ใส่ถ้วยอลูมิเนียม เติมกรดอะซิติก 5% จนน้ำยางจับตัวหมด
2. ทำให้ร้อนด้วยการนำไปวางบน water bath จนกระทั่งน้ำยางจับตัว
3. นำก้อนยางที่จับตัวไปรีดเป็นแผ่นบาง แล้วล้างด้วยน้ำจนแน่ใจว่าไม่มีกรดติดที่ยาง

4. อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นทำให้เย็นใน Desiccator
5. ชั่งน้ำหนักและบันทึกน้ำหนักแห้งรวม

การคำนวณ

$$\%DRC = (\text{น้ำหนักน้ำยางแห้ง} * 100) / 10$$

6. การหาปริมาณ Mg^{2+} เริ่มต้นในน้ำยาง

สารเคมี/อุปกรณ์

1. สารละลายบัฟเฟอร์ NH_4Cl / NH_4OH

เตรียมโดยชั่งแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) 67.5 กรัม ละลายในน้ำ 250 ลบ.ซม. แล้วผสมกับน้ำแอมโมเนีย (ถ.พ. 0.088) 570 ลบ.ซม. เจือจางให้ส่วนผสมทั้งหมดเป็น 1 ลิตร สารละลายที่ได้ควรมี pH 10.5

2. น้ำแอมโมเนีย (ถ.พ. 0.088) (NH_3 33%)

3. EDTA 0.005 โมลาร์ (M, Molar)

disodium ethylene diamine tetraacetic acid (EDTA) 1.86 กรัม ละลายในน้ำ และทำให้มีปริมาตร 1000 cm^3 หาคความเข้มข้นที่แท้จริงโดย ไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานแมกนีเซียม 0.005 โมลาร์ (เตรียมสารละลายมาตรฐานแมกนีเซียม โดยใช้ $Mg.SO_4.7H_2O$ 1.2325 กรัม ละลายน้ำทำให้มีปริมาตร 1000 cm^3)

4. สารละลายโปแตสเซียมไซยาไนด์ (KCN) 4% (น้ำหนัก / ปริมาตร)

5. อินดิเคเตอร์ Eriochrome Black T

ชั่ง Eriochrome Black T 0.3 กรัม และ โปแตสเซียมคลอไรด์ 100 กรัม บดผสมให้เข้ากัน

การหาแมกนีเซียมในน้ำยางสดที่มีแอมโมเนียและได้ปั่นแยกตะกอนเศษต่างๆออกแล้ว

(Magnesium in desludged ammoniated field latex)

วิธีการทดลอง

1. นำน้ำยางตัวอย่างประมาณ 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร เทลงในหลอดปั่น (conial centrifuge tube) ขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร และปั่นในเครื่องปั่น 3000 rpm ประมาณ 3 นาที แล้วให้ปิเปตดูดยางส่วนบนใส่ปิเปกเกอร์
2. เทน้ำกลั่น 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร
3. เติมน้ำฟอสฟอรัส 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมสารละลาย KCN 4 ลูกบาศก์เซนติเมตร และอินดิเคเตอร์ Eriochrome Black T 0.1 กรัม ลงผสมกับน้ำกลั่น จากข้อ 2
4. นำน้ำยางที่ปิเปตจากส่วนบนของหลอด ซึ่งเตรียมไว้แล้วจากข้อ 1 จำนวน 1 กรัม (ซึ่งอย่างละเอียดยอด 0.1 มิลลิกรัม) เติมนลงในสารละลายที่เตรียมได้จากข้อ 3
5. ไตเตรท (ข้อ 4) ด้วยสารละลายมาตรฐาน EDTA จุดยุติคือ จุดที่มีการเปลี่ยนสีจากสีม่วงเป็นสีฟ้า

* การหาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน EDTA ทำโดยวิธีเดียวกับการไตเตรทน้ำยาง แต่ใช้สารละลายมาตรฐาน Mg จำนวน 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร แทนน้ำยาง ทำซ้ำ 3 ครั้ง แล้วคำนวณความเข้มข้นที่แท้จริงของ EDTA โดยสูตร $N_1V_1 = N_2V_2$ (N_1 = ความเข้มข้น $MgSO_4$, V_1 = ปริมาณ $MgSO_4$ (10 ลูกบาศก์เซนติเมตร), V_2 = ปริมาณ EDTA ที่ใช้ไตเตรทและ N_2 คือ ความเข้มข้นของ EDTA ที่ต้องทราบ)

* ในการไตเตรทน้ำยางกับ EDTA โดยมีโปแตสเซียมไฮยาไนด์ และ Eriochrome Black T เป็นอินดิเคเตอร์นั้น เป็นการไตเตรทหาปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียม อย่างไรก็ตาม ปกติในน้ำยางจะมีปริมาณของแคลเซียมอยู่ส่วนน้อย เมื่อเทียบกับปริมาณของแมกนีเซียม ดังนั้นเมื่อจะใช้วิธีการไตเตรทดังกล่าว เพื่อการควบคุมการผลิตปริมาณ EDTA ที่ใช้ไตเตรทจึงอาจถือว่าเป็นปริมาณที่ใช้ไตเตรทแมกนีเซียม เพียงอย่างเดียวได้

สมการที่ใช้ในการคำนวณหา

$$\text{ปริมาณของ } Mg^{2+} \text{ ต่อน้ำหนักของ TSC (ppm)} = \frac{(N \times V) \times 24.31 \times 100,000}{W \times (\%TSC)}$$



เมื่อ N คือ ความเข้มข้นของ EDTA (โมลต่อลิตร)

V คือ ปริมาตรของ EDTA ที่ใช้ (มิลลิลิตร)

W คือ น้ำหนักเป็นกรัมของตัวอย่างน้ำยาง (g)

%TSC คือ ร้อยละโดยมวลของ Total solid content ในน้ำยางสด

อธิบายการเติม DAHP ลงในน้ำยางสด เพื่อลดปริมาณ Mg^{2+}



ให้ X แทน ปริมาณ Mg^{2+} ที่ต้องการกำจัดออก

$$Mg^{2+} \text{ จำนวน } 24.31 \text{ g ทำปฏิกิริยาพอดีกับ } HPO_4^{2-} \text{ จำนวน } \frac{132.06}{2} \text{ g}$$

$$Mg^{2+} \text{ จำนวน } X - 170 \text{ ppm ทำปฏิกิริยาพอดีกับ } HPO_4^{2-} \text{ จำนวน } \frac{132.06 \times (X - 170)}{2 \times 24.31} \text{ ppm}$$

$$\text{น้ำยางสด} \quad 1 \quad \text{ตัน ใช้ DAHP จำนวน } \frac{132.06 \times (X - 170)}{2 \times 24.31} \text{ g}$$

$$\text{น้ำยางสด} \quad W_T \quad \text{ตัน ใช้ DAHP จำนวน } \frac{132.06 \times (X - 170) \times W_T}{2 \times 24.31} \text{ g หรือ}$$

$$\frac{132.06 \times (X - 170) \times W_T}{2 \times 24.31 \times 1000} \text{ kg}$$

สำหรับการเตรียมสารละลาย DAHP 10%

$$\text{DAHP} \quad 10 \quad \text{kg เตรียมเป็นสารละลาย } 100 \quad \text{kg}$$

$$\text{DAHP} \frac{132.06 \times (X - 170) \times W_T}{2 \times 24.31 \times 1000} \text{ kg เตรียมเป็นสารละลาย}$$

$$\frac{132.06 \times (X - 170) \times W_T \times 100}{2 \times 24.31 \times 1000 \times 10} = 0.02716 \times (X - 170) \times W_T \quad \text{kg}$$

ดังนั้นสามารถคำนวณหาปริมาณ DAHP ที่ต้องเติมในน้ำยางสดได้จากสูตร ดังนี้

$$\text{ปริมาณ DAHP ที่เติม} = 0.02716 \times (X - 170) \times W_T \quad (\text{Kg}) \text{ ----- (4)}$$

เมื่อ X คือ ปริมาณเริ่มต้นของ Mg^{2+} ต่อ TSC เริ่มต้น (ppm)

W_T คือ น้ำหนักของน้ำยางสดที่ใช้ทั้งหมด (ตัน)

7. การหาปริมาณ Mg^{2+} ที่เหลือในน้ำยางสด

วิธีการทดลองเป็นวิธีเดียวกันกับการหาปริมาณ Mg^{2+} เริ่มต้นในน้ำยางสด เพียงแต่น้ำยางสดที่ใช้จะเป็นน้ำยางสดหลังจากการเติม DAHP ลงไปแล้ว เป็นการหาปริมาณ Mg^{2+} ที่เหลือในน้ำยางสดหลังจากเติม DAHP ลงไปทำปฏิกิริยา Mg^{2+} ส่วนหนึ่งกลายเป็นขี้แป้งแล้ว

8. การหาปริมาณสลัดจ์

ที่ผ่านมามีปัญหาในการหาปริมาณสลัดจ์ เนื่องจากการแยกสลัดจ์ตามวิธีของโรงงาน โดยการเหวี่ยงมัก มีอนุภาคยางติดมากับสลัดจ์ทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน จึงได้เปลี่ยนวิธีการทดลองใหม่เป็นการกรองแทน

การหาปริมาณสลัดจ์ เริ่มจาก นำน้ำยาง 150 กรัม เติมน้ำละลายแอมโมเนีย-แอลกอฮอล์ 150 มิลลิลิตร กรองผ่านผ้ากรองขนาด 35 ไมครอน โดยใช้ปั๊มสุญญากาศช่วยกรอง ล้างสลัดจ์ด้วยสารละลายแอมโมเนีย-แอลกอฮอล์ อบสลัดจ์ให้แห้งจนได้น้ำหนักคงที่ แล้วนำมาคำนวณจากสูตร

$$\text{ปริมาณสลัดจ์(ppm)} = (\text{น้ำหนักสลัดจ์ที่อบแห้งแล้ว} / \text{น้ำหนักน้ำยางตัวอย่าง}) \times 1000000$$

สารเคมี/อุปกรณ์

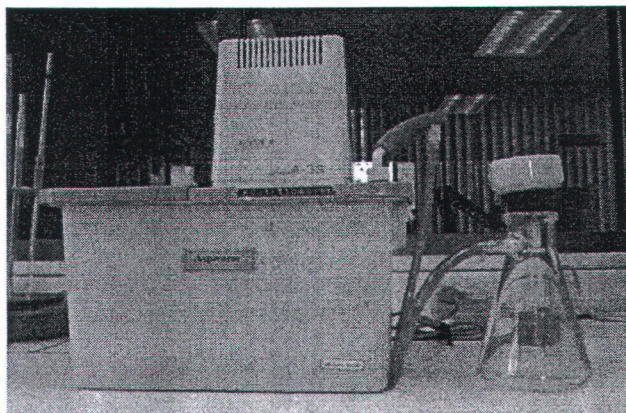
สารละลายแอลกอฮอล์ประกอบด้วยสารเหล่านี้

1. แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์, ความหนาแน่น $0.90 \pm 0.02 \text{ g/ml}$ (25%) 10 ml
2. เอทานอล 95% (ปริมาตร/ปริมาตร) 340 มล.
3. น้ำกลั่นเติมจนได้ปริมาตร 1000 มล.
4. เครื่องกรองสุญญากาศ

วิธีการทดลอง

1. ชั่งน้ำยางสด 50 กรัม ใส่บีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลายแอมโมเนีย-แอลกอฮอล์ 100 มิลลิลิตร แล้วคนผสมให้เข้ากัน
3. เทผ่านผ้ากรองขนาด 35 ไมครอน โดยใช้ปั๊มสุญญากาศช่วยกรอง โดยในระหว่างการกรอง ล้างสลัดจ์ด้วยสารละลายแอมโมเนีย-แอลกอฮอล์เรื่อยๆ (100 มิลลิลิตร) เพื่อช่วยให้ยางกับสลัดจ์แยกตัวออกจากกัน
4. นำผ้ากรองที่มีสลัดจ์ติดอยู่ใส่ในจานเพาะเชื้อที่ชั่งน้ำหนักแล้ว
5. นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 ± 2 องศาเซลเซียส จนของเหลวระเหยแห้งหมด
6. ชั่งน้ำหนักจานเพาะเชื้อสลัดจ์ที่อบแห้งแล้ว

$$\text{ปริมาณสลัดจ์(ppm)} = (\text{น้ำหนักสลัดจ์ที่อบแห้งแล้ว} / \text{น้ำหนักน้ำยางตัวอย่าง}) * 1000000 \text{ ---- (5)}$$



รูปที่ ก 4 เครื่องกรองสุญญากาศที่ใช้ทดสอบหาปริมาณสลัดจ์

9. การทดสอบความคงตัวเชิงกล (Mechanical Stability Time)

ความคงตัวของน้ำยางเชิงกล หมายถึง ความเสถียรของน้ำยางต่ออิทธิพลทางกล คือการปั่นกววนได้สถานะที่ควบคุม ซึ่งเมื่อน้ำยางเสียความคงตัว อนุภาคน้ำยางจะเริ่มเกาะ หรือจับตัวเป็นเม็ดละเอียด

ขอบเขต

วิธีนี้ใช้สำหรับทดสอบความคงตัวเชิงกลของน้ำยางชั้นจากยางพารา และน้ำยางชั้นคงรูปแบบบางส่วนที่จะใช้กับน้ำยางที่รักษาสภาพด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ น้ำยางจากพืชชนิดอื่น น้ำยางผสม (compounded latex) น้ำยางสังเคราะห์ (synthetic rubber latex) และน้ำยางเทียม (artificial of rubber)

วิธีการ

เจือจางตัวอย่างทดสอบให้มีปริมาณของแข็งทั้งหมดประมาณร้อยละ 55 (m/m) ใช้เครื่องกวนความเร็ว จับเวลาเมื่อตัวอย่างทดสอบเริ่มจับตัวเป็นเม็ด

สารเคมี

- 1 ใช้เฉพาะสารเคมีชนิดคุณภาพวิเคราะห์ และน้ำกลั่นหรือน้ำบริสุทธิ์เทียบเท่านั้น
- 2 สารละลายแอมโมเนีย (ammonia solution)
 - 2.1 ความเข้มข้น 1.6% (m/m) สำหรับใช้กับตัวอย่างทดสอบที่มีความเป็นด่างมากกว่าร้อยละ 0.3
 - 2.2 ความเข้มข้น 0.6% (m/m) สำหรับใช้กับตัวอย่างทดสอบที่มีความเป็นด่างน้อยกว่าร้อยละ 0.3

เครื่องมือ/อุปกรณ์

1. อุปกรณ์พื้นฐานในห้องปฏิบัติการ
2. เครื่องชั่ง (balance) ละเอียด 0.1 g
3. เครื่องวัดความคงตัวเชิงกล (mechanical stability measuring apparatus)
 - 3.1 ภาชนะทรงกระบอกก้นแบน (Latex container) มีความสูงไม่น้อยกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 58 มิลลิเมตร $\pm$ 1 มิลลิเมตร ผิวภายในเรียบ
 - 3.2 เครื่องกวน (stirring apparatus) ประกอบด้วยก้านสแตนเลสปลายแหลมเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 6.3 มิลลิเมตร และมีแผ่นสแตนเลสเส้นผ่านศูนย์กลาง 20.83 มิลลิเมตร $\pm$ 0.03 มิลลิเมตรหนา 1.57 มิลลิเมตร ติดอยู่กับศูนย์กลางของปลายก้าน ก้านสแตนเลสจะต้องไม่แกว่ง

ออกไปมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร เมื่อเครื่องต้องทำงานที่ระดับ 14000 รอบ/นาที ± 200 รอบ/นาที ตลอดการทดสอบ

3.3 ตัวยึด (holder) สำหรับยึดภาชนะ (3.1) ให้อยู่ในตำแหน่งที่แผ่นสแตนเลสมีระยะห่างจากผิวในของก้นภาชนะ 13 มิลลิเมตร ± 1 มิลลิเมตร

4. อุปกรณ์ให้ความร้อน

4.1 อ่างน้ำ (water bath) ควบคุมอุณหภูมิได้ระหว่าง 60 องศาเซลเซียส ถึง 80 องศาเซลเซียสหรือ

4.2 ท่อแก้ว (glass tube) ขดให้มีรูปร่างเหมาะสม ใช้น้ำที่อุณหภูมิระหว่าง 60 องศาเซลเซียส ถึง 80 องศาเซลเซียส หมุนเวียนในท่อ

5. แผ่นกรองสแตนเลส (wire cloth) ความกว้างของช่อง 180 ไมโครเมตร ที่สอดคล้องกับมาตรฐาน ISO 3310-1

6. นาฬิกาจับเวลา (stop watch) ละเอียด 1 วินาที

วิธีการ

1. ทดสอบปริมาณของแข็งทั้งหมด และความเป็นด่างของตัวอย่างทดสอบ

2. ทดสอบความคงตัวเชิงกลภายใน 24 ชั่วโมงหลังจากเปิดภาชนะตัวอย่างสำหรับทดลอง

2.1 ชั่งตัวอย่างทดสอบประมาณ 100 g ในปิเก็ตเจอร์

2.2 เจือจางให้มีปริมาณของแข็งทั้งหมด 55% (m/m) $\pm 0.2\%$ ด้วยสารละลายแอมโมเนีย

2.3 อุณหภูมิให้ได้อุณหภูมิ 36 องศาเซลเซียส ถึง 37 องศาเซลเซียส ด้วยอุปกรณ์ให้ความร้อน พร้อมกวนช้าๆ

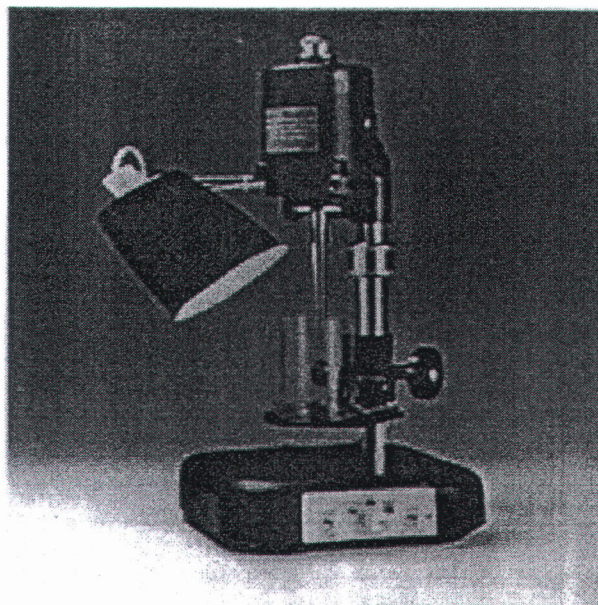
2.4 กรองด้วยแผ่นกรอง ลงในภาชนะที่เตรียมไว้ พร้อมชั่งน้ำหนักตัวอย่างทดสอบ $80 \text{ g} \pm 0.5 \text{ g}$

2.5 ตรวจอุณหภูมิตัวอย่างทดสอบให้ได้ 35 องศาเซลเซียส (± 1 องศาเซลเซียส) ก่อนวางภาชนะที่มีตัวอย่างทดสอบในเครื่องวัดความคงตัวเชิงกล (3) ตามตำแหน่งที่กำหนด

2.6 เปิดสวิตช์เครื่องกวน พร้อมเริ่มจับเวลาทำงานให้เครื่องกวนทำงานด้วยความเร็ว 14000 รอบ/นาที ± 200 ต่อนาที ตลอดการทดสอบ

2.7 ก่อนถึงจุดยุติ ระดับตัวอย่างทดสอบรอบแกนจะลดลง ตรวจจุดยุติโดยทุก 15 วินาที ใช้แท่งแก้วจุ่มตัวอย่างทดสอบ แล้วทำให้กระจายบนผิวที่เหมาะสม เช่น ฝ่ามือ ผิวหน้า หรือแผ่นกรอง (5) จุดยุติ คือเวลาที่เริ่มเห็นการจับตัวเป็นเม็ดครั้งแรก ยืนยันโดยการจุ่มซ้ำภายใน 15 วินาที ปริมาณการจับตัวเป็นเม็ดเพิ่มขึ้น

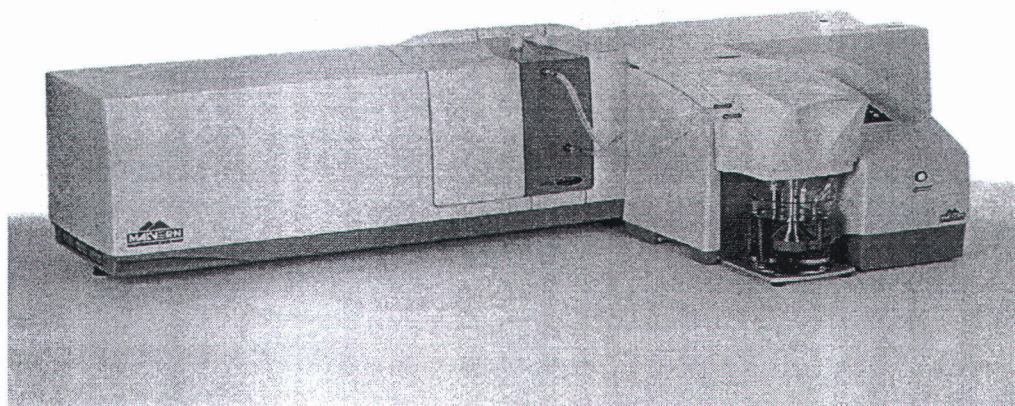
3. ผลการทดสอบสองซ้ำต่างกันได้ไม่เกินร้อยละ 5 ของค่าเฉลี่ย



รูปที่ ก 5 เครื่องทดสอบความคงตัวเชิงกล (Determination of Mechanical Stability) ของน้ำยาง

10. การวัดขนาดอนุภาคของน้ำยางสด (Particle Size)

วัดขนาดอนุภาคของน้ำยางสดโดยใช้เครื่องวัดขนาดอนุภาค (Mastersizer) ของบริษัท
Malvern รุ่น S long bed ver. 2.19



รูปที่ ก 6 เครื่องวัดขนาดอนุภาคของน้ำยางสด (Mastersizer)

11. การหา %การกักเก็บ (% Rejection)

$$\% \text{ Rejection} = 1 - C_p / C_b$$

C_p คือค่าความเข้มข้นในสายเพอร์มิเอต (% DRC สายเพอร์มิเอต)

C_b คือค่าความเข้มข้นทางสายป้อน (% DRC สายป้อน)

ภาคผนวก ข

ตาราง ข 1 ผลของเวลาและความเร็วรอบที่ 30 rpm ต่อความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่เหลือของแต่ละตำแหน่ง

ตัวกวนแบบเก่า

ความเข้มข้นแมกนีเซียมเริ่มต้น (TSC = 32%)

น้ำยางสด(g)	EDTA(ml)	ความเข้มข้นของแมกนีเซียม(ppm)	เฉลี่ย
3.31	4.9	562.3	545.4
3.45	4.8	528.5	

เวลา(นาที)	ตำแหน่งที่	น้ำยางสด(g)	EDTA(ml)	ความเข้มข้นของแมกนีเซียม(ppm)
5	1	3.31	1.5	172.1
	2	3.45	1.7	187.2
	3	3.11	1.4	171.0
10	1	3.42	1.5	166.6
	2	3.23	1.5	176.4
	3	3.44	1.5	165.6
20	1	3.52	1.5	161.9
	2	3.43	1.5	166.1
	3	3.13	1.3	157.8
30	1	3.34	1.4	159.2
	2	3.52	1.5	161.9
	3	3.21	1.3	153.8
40	1	3.42	1.4	155.5
	2	3.59	1.5	158.7
	3	3.64	1.4	146.1



ตาราง ข 2 ผลของเวลาและความเร็วรอบที่ 40 rpm ต่อความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่เหลือของแต่ละตำแหน่ง

ตัวกวนแบบเก่า

ความเข้มข้นแมกนีเซียมเริ่มต้น (TSC = 32%)

น้ำยางสด(g)	EDTA(ml)	ความเข้มข้นของแมกนีเซียม(ppm)	เฉลี่ย
3.31	4.9	562.3	545.4
3.45	4.8	528.5	

เวลา(นาที)	ตำแหน่งที่	น้ำยางสด(g)	EDTA(ml)	ความเข้มข้นของแมกนีเซียม(ppm)
5	1	3.31	1.4	160.7
	2	3.45	1.5	165.1
	3	3.11	1.3	158.8
10	1	3.42	1.4	155.5
	2	3.25	1.4	163.6
	3	3.64	1.4	146.1
20	1	3.40	1.3	145.2
	2	3.62	1.5	157.4
	3	3.55	1.3	139.1
30	1	3.56	1.3	138.7
	2	3.36	1.3	147.0
	3	3.46	1.2	131.7
40	1	3.73	1.3	132.4
	2	3.53	1.3	139.9
	3	3.25	1.1	128.6

ตาราง ข 3 ผลของเวลาและความเร็วรอบที่ 50 rpm ต่อความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่เหลือของแต่ละตำแหน่ง

ตัวกวนแบบเก่า

ความเข้มข้นแมกนีเซียมเริ่มต้น (TSC = 32%)

น้ำยางสด(g)	EDTA(ml)	ความเข้มข้นของแมกนีเซียม(ppm)	เฉลี่ย
3.31	4.5	516.4	511.4
3.45	4.6	506.5	

เวลา(นาที)	ตำแหน่งที่	น้ำยางสด(g)	EDTA(ml)	ความเข้มข้นของแมกนีเซียม(ppm)
5	1	3.42	1.4	155.5
	2	3.25	1.4	163.6
	3	3.35	1.3	147.4
10	1	3.66	1.4	145.3
	2	3.23	1.3	152.9
	3	3.54	1.3	139.5
20	1	3.42	1.2	133.3
	2	3.33	1.3	148.3
	3	3.63	1.2	125.6
30	1	3.34	1.1	125.1
	2	3.52	1.3	140.3
	3	3.21	1.0	118.3
40	1	3.42	1.0	111.1
	2	3.59	1.3	137.5
	3	3.64	1.0	104.4

ตาราง ข. 4 ผลของเวลาและความเร็วรอบที่ 60 rpm ต่อความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่เหลือของแต่ละตำแหน่ง

ตัวกวนแบบเก่า

ความเข้มข้นแมกนีเซียมเริ่มต้น (TSC = 32%)

น้ำยางสด(g)	EDTA(ml)	ความเข้มข้นของแมกนีเซียม(ppm)	เฉลี่ย
3.31	4.5	516.4	511.4
3.45	4.6	506.5	

เวลา(นาที)	ตำแหน่งที่	น้ำยางสด(g)	EDTA(ml)	ความเข้มข้นของแมกนีเซียม(ppm)
5	1	3.41	1.5	167.1
	2	3.32	1.5	171.6
	3	3.53	1.5	161.4
10	1	3.84	1.6	158.3
	2	3.42	1.5	166.6
	3	3.51	1.4	151.5
20	1	3.64	1.4	146.1
	2	3.53	1.5	161.4
	3	3.52	1.3	140.3
30	1	3.55	1.3	139.1
	2	3.54	1.4	150.2
	3	3.74	1.3	132.0
40	1	3.71	1.2	122.9
	2	3.43	1.3	144.0
	3	3.52	1.1	118.7

ตาราง ข 5 ผลของเวลาและความเร็วรอบที่ 30 rpm ต่อความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่เหลือของ
แต่ละตำแหน่ง

ตัวกวนแบบใหม่

ความเข้มข้นแมกนีเซียมเริ่มต้น (TSC = 32%)

น้ำยางสด(g)	EDTA(ml)	ความเข้มข้นของแมกนีเซียม (ppm)	เฉลี่ย
4.20	6.6	600.2	587.99
4.51	6.8	575.8	

เวลา(นาที)	ตำแหน่งที่	น้ำยางสด(g)	EDTA(ml)	ความเข้มข้นของ แมกนีเซียม(ppm)
5	1	3.09	0.5	61.46
	2	3.23	0.6	70.56
	3	3.30	0.5	57.55
10	1	3.16	0.5	60.10
	2	3.44	0.6	66.25
	3	3.36	0.5	56.52
20	1	3.92	0.6	58.14
	2	3.53	0.6	64.56
	3	3.60	0.5	52.76
30	1	3.49	0.5	54.42
	2	3.61	0.6	63.13
	3	3.65	0.5	52.03
40	1	3.72	0.5	51.05
	2	3.65	0.6	62.44
	3	3.76	0.5	50.51

ตาราง ข 6 ผลของเวลาและความเร็วรอบที่ 40 rpm ต่อความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่เหลือของแต่ละตำแหน่ง

ตัวกวนแบบใหม่

ความเข้มข้นแมกนีเซียมเริ่มต้น (TSC = 32%)

น้ำยางสด(g)	EDTA(ml)	ความเข้มข้นของแมกนีเซียม (ppm)	เฉลี่ย
3.55	5.5	591.7	586.19
3.42	5.2	580.7	

เวลา(นาที)	ตำแหน่งที่	น้ำยางสด (g)	EDTA(ml)	ความเข้มข้นของแมกนีเซียม (ppm)
5	1	3.74	0.6	60.94
	2	3.29	0.6	69.27
	3	3.37	0.5	56.36
10	1	3.29	0.5	57.73
	2	3.55	0.6	64.20
	3	3.48	0.5	54.58
20	1	3.44	0.5	55.21
	2	3.65	0.6	62.44
	3	3.59	0.5	52.90
30	1	3.59	0.5	52.90
	2	3.79	0.6	60.13
	3	3.73	0.5	50.92
40	1	3.10	0.4	49.01
	2	3.49	0.5	54.42
	3	3.21	0.4	47.33

ตาราง ข 7 ผลของเวลาและความเร็วรอบที่ 50 rpm ต่อความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่เหลือของแต่ละตำแหน่ง

ตัวกวนแบบใหม่

ความเข้มข้นแมกนีเซียมเริ่มต้น (TSC = 32%)

น้ำยางสด (g)	EDTA(ml)	ความเข้มข้นของแมกนีเซียม (ppm)	เฉลี่ย
3.19	4.9	580.1	586.98
3.18	5.0	593.8	

เวลา(นาที)	ตำแหน่งที่	น้ำยางสด (g)	EDTA(ml)	ความเข้มข้นของแมกนีเซียม (ppm)
5	1	3.49	0.4	43.54
	2	3.58	0.5	53.05
	3	3.70	0.4	41.06
10	1	3.71	0.4	40.95
	2	3.11	0.4	48.85
	3	3.84	0.4	39.57
20	1	3.85	0.4	39.46
	2	3.37	0.4	45.09
	3	3.97	0.4	38.27
30	1	3.08	0.3	37.00
	2	3.49	0.4	43.54
	3	3.09	0.3	36.88
40	1	3.28	0.3	34.74
	2	3.55	0.4	42.80
	3	3.34	0.3	34.12

ตาราง ข 8 ผลของเวลาและความเร็วรอบที่ 60 rpm ต่อความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่เหลือของแต่ละตำแหน่ง

ตัวกวนแบบใหม่

ความเข้มข้นแมกนีเซียมเริ่มต้น (TSC = 32%)

น้ำยางสด(g)	EDTA(ml)	ความเข้มข้น ของ แมกนีเซียม (ppm)	เฉลี่ย
4.20	6.8	611.5	608.81
4.05	6.5	606.1	

เวลา(นาที)	ตำแหน่งที่	น้ำยางสด(g)	EDTA(ml)	ความเข้มข้นของแมกนีเซียม (ppm)
5	1	3.13	0.4	48.54
	2	3.42	0.5	55.53
	3	3.41	0.4	44.56
10	1	3.57	0.4	42.56
	2	3.69	0.5	51.47
	3	3.64	0.4	41.74
20	1	3.77	0.4	40.30
	2	3.15	0.4	48.23
	3	3.89	0.4	39.06
30	1	3.95	0.4	38.47
	2	3.29	0.4	46.18
	3	3.98	0.4	38.18
40	1	3.97	0.4	38.27
	2	3.43	0.4	44.30
	3	3.99	0.4	38.08

ตาราง ข 9 ผลของเวลาและความเร็วรอบที่ 30 rpm ต่อปริมาณสัลไฟด์ของแต่ละตำแหน่ง
ตัวกวนแบบเก่า

เวลา (นาท)	ตำแหน่ง	น้ำหนักน้ำ ยาง(g)	น้ำหนักผ้า กรอง(g)	น้ำหนักสัลไฟด์+ ผ้ากรอง(g)	น้ำหนักสัลไฟด์ แห้ง(g)	ปริมาณสัลไฟด์ (ppm)
5	1	50.34	0.5575	0.6123	0.0548	1088.60
	2	50.45	0.5432	0.5943	0.0511	1012.88
	3	50.53	0.5342	0.5897	0.0555	1098.36
10	1	50.35	0.5532	0.6103	0.0571	1134.06
	2	50.24	0.5312	0.5839	0.0527	1048.96
	3	50.64	0.5275	0.5857	0.0582	1149.29
20	1	50.23	0.5312	0.5912	0.06	1194.51
	2	50.42	0.5423	0.5992	0.0569	1128.52
	3	50.84	0.5459	0.6078	0.0619	1217.55
30	1	50.52	0.5309	0.5941	0.0632	1250.99
	2	50.85	0.5342	0.5941	0.0599	1177.97
	3	50.57	0.5534	0.6183	0.0649	1283.37
40	1	50.35	0.5543	0.6209	0.0666	1322.74
	2	50.34	0.5352	0.5991	0.0639	1269.37
	3	50.45	0.5267	0.5973	0.0706	1399.41

ตาราง ข 10 ผลของเวลาและความเร็วรอบที่ 40 rpm ต่อปริมาณสลัดจ์ของแต่ละตำแหน่ง
ตัวกวนแบบเก่า

เวลา (นาท)	ตำแหน่ง	น้ำหนักน้ำ ยาง(g)	น้ำหนักผ้า กรอง(g)	น้ำหนักสลัดจ์+ ผ้ากรอง(g)	น้ำหนักสลัดจ์ แห้ง(g)	ความเข้มข้น sludge(ppm)
5	1	50.23	0.5523	0.6106	0.0583	1160.66
	2	50.21	0.5453	0.5982	0.0529	1053.57
	3	50.42	0.5325	0.5916	0.0591	1172.15
10	1	50.64	0.5453	0.6065	0.0612	1208.53
	2	50.32	0.5632	0.6182	0.0550	1093.00
	3	50.64	0.5325	0.5954	0.0629	1242.10
20	1	50.48	0.5379	0.6065	0.0686	1358.95
	2	50.61	0.5278	0.5852	0.0574	1134.16
	3	50.23	0.5376	0.6079	0.0703	1399.56
30	1	50.36	0.5467	0.6225	0.0758	1505.16
	2	50.74	0.5348	0.5971	0.0623	1227.83
	3	50.26	0.5463	0.6254	0.0791	1573.82
40	1	50.37	0.5521	0.6363	0.0842	1671.63
	2	50.83	0.5389	0.6059	0.0670	1318.12
	3	50.45	0.5482	0.6347	0.0865	1714.57

ตาราง ข 11 ผลของเวลาและความเร็วรอบที่ 50 rpm ต่อปริมาณสลัดจ์ของแต่ละตำแหน่ง
ตัวกวนแบบเก่า

เวลา (นาที)	ตำแหน่ง	น้ำหนักน้ำ ยาง(g)	น้ำหนักผ้า กรอง(g)	น้ำหนักสลัดจ์+ ผ้ากรอง(g)	น้ำหนักสลัดจ์ แห้ง(g)	ความเข้มข้น sludge(ppm)
5	1	50.42	0.5585	0.6203	0.0618	1225.70
	2	50.35	0.5452	0.5996	0.0544	1080.44
	3	50.74	0.5234	0.5901	0.0667	1314.54
10	1	50.43	0.5345	0.6024	0.0679	1346.42
	2	50.25	0.5643	0.6213	0.0570	1134.33
	3	50.64	0.5647	0.6361	0.0714	1409.95
20	1	50.52	0.5315	0.6069	0.0754	1492.48
	2	50.24	0.5252	0.5851	0.0599	1192.28
	3	50.34	0.5356	0.6154	0.0798	1585.22
30	1	50.42	0.5376	0.6199	0.0823	1632.29
	2	50.46	0.5536	0.6191	0.0655	1298.06
	3	50.53	0.5426	0.6297	0.0871	1723.73
40	1	50.63	0.5642	0.6544	0.0902	1781.55
	2	50.34	0.5342	0.6067	0.0725	1440.21
	3	50.25	0.5463	0.6418	0.0955	1900.50

ตาราง ข 12 ผลของเวลาและความเร็วรอบที่ 60 rpm ต่อปริมาณสลัดจ์ของแต่ละตำแหน่ง
ตัวกวนแบบเก่า

เวลา (นาท)	ตำแหน่ง	น้ำหนักน้ำ ยาง(g)	น้ำหนักผ้า กรอง(g)	น้ำหนักสลัดจ์+ ผ้ากรอง(g)	น้ำหนักสลัดจ์ แห้ง(g)	ความเข้มข้น sludge(ppm)
5	1	50.52	0.5442	0.6001	0.0559	1106.49
	2	50.34	0.5485	0.5991	0.0506	1005.16
	3	50.36	0.5663	0.6272	0.0609	1209.29
10	1	50.64	0.5427	0.6032	0.0605	1194.71
	2	50.46	0.5345	0.5874	0.0529	1048.36
	3	50.37	0.5423	0.6068	0.0645	1280.52
20	1	50.36	0.5534	0.6201	0.0667	1324.46
	2	50.35	0.5563	0.6149	0.0586	1163.85
	3	50.52	0.5647	0.6348	0.0701	1387.57
30	1	50.42	0.5526	0.6255	0.0729	1445.85
	2	50.36	0.5635	0.6269	0.0634	1258.94
	3	50.26	0.5646	0.6418	0.0772	1536.01
40	1	50.46	0.5457	0.6251	0.0794	1573.52
	2	50.52	0.5524	0.6201	0.0677	1340.06
	3	50.26	0.5462	0.6336	0.0874	1738.96

ตาราง ข 13 ผลของเวลาและความเร็วรอบที่ 30 rpm ต่อปริมาณสลัดจ์ของแต่ละตำแหน่ง
ตัวกวนแบบใหม่

เวลา (นาท)	ตำแหน่ง	น้ำหนักน้ำ ยาง(g)	น้ำหนักผ้า กรอง(g)	น้ำหนักสลัดจ์+ ผ้ากรอง(g)	น้ำหนักสลัดจ์ แห้ง(g)	ความเข้มข้น sludge(ppm)
5	1	50.34	0.5575	0.6468	0.0893	1773.94
	2	50.16	0.5552	0.6384	0.0832	1658.69
	3	50.04	0.5482	0.6387	0.0905	1808.55
10	1	50.88	0.5442	0.6368	0.0926	1819.97
	2	50.51	0.5435	0.6285	0.085	1682.84
	3	50.52	0.5475	0.6428	0.0953	1886.38
20	1	50.24	0.5331	0.6295	0.0964	1918.79
	2	50.09	0.5592	0.6501	0.0909	1814.73
	3	50.41	0.5459	0.6512	0.1053	2088.87
30	1	50.89	0.5312	0.6333	0.1021	2006.29
	2	50.44	0.5306	0.6257	0.0951	1885.41
	3	50.4	0.5409	0.6505	0.1096	2174.60
40	1	50.18	0.5371	0.6465	0.1094	2180.15
	2	50.44	0.5359	0.6338	0.0979	1940.92
	3	50.93	0.5318	0.6478	0.116	2277.64

ตาราง ข 14 ผลของเวลาและความเร็วรอบที่ 40 rpm ต่อปริมาณสลัดจ์ของแต่ละตำแหน่ง
ตัวทวนแบบใหม่

เวลา (นาท)	ตำแหน่ง	น้ำหนักน้ำ ยาง(g)	น้ำหนักผ้า กรอง(g)	น้ำหนักสลัดจ์+ ผ้ากรอง(g)	น้ำหนักสลัดจ์ แห้ง(g)	ความเข้มข้น sludge(ppm)
5	1	50.48	0.5371	0.6292	0.0921	1824.48
	2	50.89	0.538	0.6246	0.0866	1701.71
	3	50.72	0.5385	0.6347	0.0962	1896.69
10	1	50.58	0.5393	0.6361	0.0968	1913.80
	2	50.31	0.539	0.6278	0.0888	1765.06
	3	50.72	0.5435	0.6498	0.1063	2095.82
20	1	50.19	0.5435	0.6524	0.1089	2169.75
	2	50.98	0.5592	0.6540	0.0948	1859.55
	3	50.96	0.553	0.6705	0.1175	2305.73
30	1	50.08	0.5385	0.6511	0.1126	2248.40
	2	50.72	0.5509	0.6479	0.0970	1912.46
	3	50.59	0.5369	0.6650	0.1281	2532.12
40	1	50.82	0.5251	0.6453	0.1202	2365.21
	2	50.93	0.5129	0.6198	0.1069	2098.96
	3	50.91	0.5369	0.6698	0.1329	2610.49

ตาราง ข 15 ผลของเวลาและความเร็วรอบที่ 50 rpm ต่อปริมาณสลัดจ์ของแต่ละตำแหน่ง
ตัวกวนแบบใหม่

เวลา (นาที)	ตำแหน่ง	น้ำหนักน้ำ ยาง(g)	น้ำหนักผ้า กรอง(g)	น้ำหนักสลัดจ์+ ผ้ากรอง(g)	น้ำหนักสลัดจ์ แห้ง(g)	ความเข้มข้น sludge(ppm)
5	1	50.65	0.521	0.6298	0.1088	2148.08
	2	50.98	0.5429	0.6393	0.0964	1890.94
	3	50.82	0.527	0.6508	0.1238	2436.05
10	1	50.85	0.5324	0.6520	0.1196	2352.02
	2	50.82	0.5388	0.6415	0.1027	2020.86
	3	50.93	0.5362	0.6743	0.1381	2711.56
20	1	50.82	0.5402	0.6951	0.1549	3048.01
	2	50.42	0.5427	0.6611	0.1184	2348.27
	3	50.96	0.536	0.6993	0.1633	3204.47
30	1	50.98	0.5337	0.7259	0.1922	3770.11
	2	50.82	0.5405	0.6832	0.1427	2807.95
	3	50.75	0.5366	0.7303	0.1937	3816.75
40	1	50.37	0.5282	0.7520	0.2238	4443.12
	2	50.59	0.5285	0.7219	0.1934	3822.89
	3	50.72	0.5404	0.7712	0.2308	4550.47



ตาราง ข 16 ผลของเวลาและความเร็วรอบที่ 60 rpm ต่อปริมาณสลัดจ์ของแต่ละตำแหน่ง
ตัวกวนแบบใหม่

เวลา (นาที)	ตำแหน่ง	น้ำหนักน้ำ ยาง(g)	น้ำหนักผ้า กรอง(g)	น้ำหนักสลัดจ์+ ผ้ากรอง(g)	น้ำหนักสลัดจ์ แห้ง(g)	ความเข้มข้น sludge(ppm)
5	1	50.45	0.541	0.6416	0.1006	1994.05
	2	50.65	0.5367	0.6276	0.0909	1794.67
	3	50.23	0.523	0.6332	0.1102	2193.91
10	1	50.71	0.534	0.6409	0.1069	2108.07
	2	50.85	0.535	0.6305	0.0955	1878.07
	3	50.62	0.5375	0.6529	0.1154	2279.73
20	1	50.51	0.5315	0.6494	0.1179	2334.19
	2	50.6	0.542	0.6455	0.1035	2045.45
	3	50.49	0.5385	0.6684	0.1299	2572.79
30	1	50.23	0.5375	0.6663	0.1288	2564.20
	2	50.12	0.541	0.6539	0.1129	2252.59
	3	50.21	0.5382	0.6739	0.1357	2702.65
40	1	50.81	0.5485	0.6964	0.1479	2910.84
	2	50.92	0.538	0.6587	0.1207	2370.38
	3	50.7	0.5257	0.6823	0.1566	3088.76

ตาราง ข 17 ผลของการตั้งน้ำยางทิ้งไว้หลังการกวนเพื่อให้สลดจ์ตกตะกอนลงมาที่ด้านล่างบ่อ

ความเข้มข้นแมกนีเซียม

ความเร็วรอบ (rpm)	40 min	8 hr
30	9.297475797	5.952453544
40	8.573031729	4.008918804
50	6.340867074	3.066545663
60	6.60564241	3.61360097

ปริมาณสลดจ์

ความเร็วรอบ (rpm)	40 min	8 hr
30	3.999259533	10.69326705
40	4.400168788	12.27925428
50	7.770955871	17.68607968
60	4.906822906	10.98052024

ตาราง ข 18 ผลของขนาดอนุภาคที่ความเร็วรอบ 30 rpm เวลา 5 นาที



ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาคารสมานันท์ จุฬาลงกรณ์ ๖๕๒ ๕๒๕ ถนนวิภาวดีรังสิต กรุงเทพฯ 10330 โทร 2188029-32, 2188101 โทรสาร 2546271
Scientific and Technological Research Equipment Centre Chulalongkorn University
Building 2-3 Chula Sor 62 Phaya Thai Rd. Phatumwan Bangkok 10330 Tel 2188029-32, 2188101 Fax 2546271

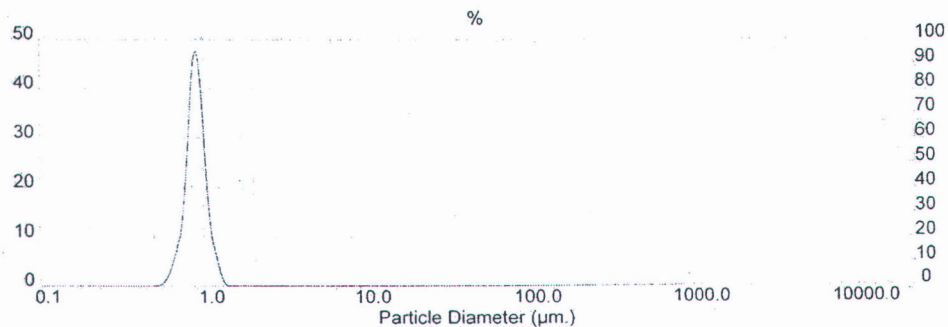
Result: Analysis Report

Sample Details		
Sample ID: 30 rpm 5 min	Run Number: 10	Measured: Mon Feb 1 2010 10:53AM
Sample File: CHULA12	Record Number: 1327	Analysed: Mon Feb 1 2010 10:53AM
Sample Path: C:\SIZERS\DATA\		Result Source: Analysed
Sample Notes: 30 rpm 5 min		
wet analysis system		
dispersing medium : water		

System Details		
Range Lens: 300RF mm	Beam Length: 2.40 mm	Sampler: MS1
Presentation: 30HD	[Particle R.I. = (1.5295, 0.1000); Dispersant R.I. = 1.3300]	Obscuration: 11.3 %
Analysis Model: Polydisperse		Residual: 2.604 %
Modifications: None		

Result Statistics			
Distribution Type: Volume	Concentration = 0.0017 %Vol	Density = 1.000 g / cub. cm	Specific S.A. = 6.7619 sq. m / g
Mean Diameters:	D (v, 0.1) = 0.75 um	D (v, 0.5) = 0.90 um	D (v, 0.9) = 1.06 um
D [4, 3] = 0.91 um	D [3, 2] = 0.89 um	Span = 3.361E-01	Uniformity = 1.158E-01

Size Low (um)	In %	Size High (um)	Under%	Size Low (um)	In %	Size High (um)	Under%
0.05	0.00	0.06	0.00	6.63	0.00	7.72	100.00
0.06	0.00	0.07	0.00	7.72	0.00	9.00	100.00
0.07	0.00	0.08	0.00	9.00	0.00	10.48	100.00
0.08	0.00	0.09	0.00	10.48	0.00	12.21	100.00
0.09	0.00	0.11	0.00	12.21	0.00	14.22	100.00
0.11	0.00	0.13	0.00	14.22	0.00	16.57	100.00
0.13	0.00	0.15	0.00	16.57	0.00	19.31	100.00
0.15	0.00	0.17	0.00	19.31	0.00	22.49	100.00
0.17	0.00	0.20	0.00	22.49	0.00	26.20	100.00
0.20	0.00	0.23	0.00	26.20	0.00	30.53	100.00
0.23	0.00	0.27	0.00	30.53	0.00	35.56	100.00
0.27	0.00	0.31	0.00	35.56	0.00	41.43	100.00
0.31	0.00	0.36	0.00	41.43	0.00	48.27	100.00
0.36	0.00	0.42	0.00	48.27	0.00	56.23	100.00
0.42	0.01	0.49	0.01	56.23	0.00	65.51	100.00
0.49	0.17	0.58	0.18	65.51	0.00	76.32	100.00
0.58	2.73	0.67	2.92	76.32	0.00	88.91	100.00
0.67	10.23	0.78	13.15	88.91	0.00	103.58	100.00
0.78	40.95	0.91	54.09	103.58	0.00	120.67	100.00
0.91	36.49	1.06	90.58	120.67	0.00	140.58	100.00
1.06	8.61	1.24	99.20	140.58	0.00	163.77	100.00
1.24	0.80	1.44	100.00	163.77	0.00	190.80	100.00
1.44	0.00	1.68	100.00	190.80	0.00	222.28	100.00
1.68	0.00	1.95	100.00	222.28	0.00	258.95	100.00
1.95	0.00	2.28	100.00	258.95	0.00	301.68	100.00
2.28	0.00	2.65	100.00	301.68	0.00	351.46	100.00
2.65	0.00	3.09	100.00	351.46	0.00	409.45	100.00
3.09	0.00	3.60	100.00	409.45	0.00	477.01	100.00
3.60	0.00	4.19	100.00	477.01	0.00	555.71	100.00
4.19	0.00	4.88	100.00	555.71	0.00	647.41	100.00
4.88	0.00	5.69	100.00	647.41	0.00	754.23	100.00
5.69	0.00	6.63	100.00	754.23	0.00	878.67	100.00



Malvern Instruments Ltd.
Malvern, UK
Tel: +[44] (0)1684-892456 Fax: +[44] (0)1684-892789

Mastersizer S long bed Ver. 2.19
Serial Number:

p. 33
03 Feb 10 15:44

ตาราง ข 19 ผลของขนาดอนุภาคที่ความเร็วรอบ 30 rpm เวลา 20 นาที



ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาคารสถาบัน 2 จุฬาลงกรณ์ ซอย 62 ถนนพญาไท กรุงเทพมหานคร 10330 โทร 2188029-32, 2188101 โทรสาร 2540211
Scientific and Technological Research Equipment Centre Chulalongkorn University
Building 2-3 Chula Soi 62 Phaya-Thai Rd Phatumwan Bangkok 10330 Tel. 2188029-32, 2188101 Fax. 2540211

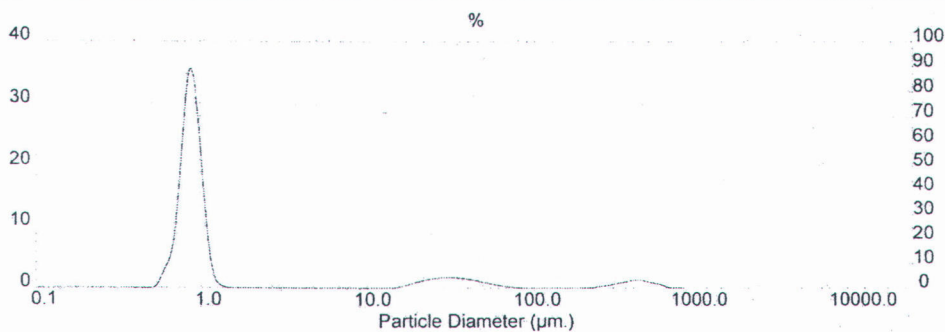
Result: Analysis Report

Sample Details		
Sample ID: 30 rpm 20 min	Run Number: 11	Measured: Mon Feb 1 2010 10:26AM
Sample File: CHULA12	Record Number: 1276	Analysed: Mon Feb 1 2010 10:26AM
Sample Path: C:\SIZERS\DATA\		Result Source: Analysed
Sample Notes: 30 rpm 20 min wet analysis system dispersing medium : water		

System Details			
Range Lens: 300RF mm	Beam Length: 2.40 mm	Sampler: MS1	Obscuration: 11.6 %
Presentation: 30HD	[Particle R.I. = (1.5295, 0.1000);	Dispersant R.I. = 1.3300]	
Analysis Model: Polydisperse			Residual: 2.667 %
Modifications: None			

Result Statistics			
Distribution Type: Volume	Concentration = 0.0021 %Vol	Density = 1.000 g / cub. cm	Specific S.A. = 5.7850 sq. m / g
Mean Diameters:	D (v, 0.1) = 0.74 um	D (v, 0.5) = 0.91 um	D (v, 0.9) = 35.80 um
D [4, 3] = 27.34 um	D [3, 2] = 1.04 um	Span = 3.861E+01	Uniformity = 2.923E+01

Size Low (um)	In %	Size High (um)	Under%	Size Low (um)	In %	Size High (um)	Under%
0.05	0.00	0.06	0.00	6.63	0.00	7.72	82.85
0.06	0.00	0.07	0.00	7.72	0.00	9.00	82.85
0.07	0.00	0.08	0.00	9.00	0.00	10.48	82.85
0.08	0.00	0.09	0.00	10.48	0.00	12.21	82.85
0.09	0.00	0.11	0.00	12.21	0.00	14.22	82.85
0.11	0.00	0.13	0.00	14.22	0.23	16.57	83.08
0.13	0.00	0.15	0.00	16.57	0.68	19.31	83.76
0.15	0.00	0.17	0.00	19.31	1.16	22.49	84.91
0.17	0.00	0.20	0.00	22.49	1.54	26.20	86.45
0.20	0.00	0.23	0.00	26.20	1.74	30.53	88.19
0.23	0.00	0.27	0.00	30.53	1.74	35.56	89.93
0.27	0.00	0.31	0.00	35.56	1.56	41.43	91.49
0.31	0.00	0.36	0.00	41.43	1.24	48.27	92.73
0.36	0.00	0.42	0.00	48.27	0.88	56.23	93.61
0.42	0.02	0.49	0.02	56.23	0.54	65.51	94.15
0.49	0.23	0.58	0.25	65.51	0.27	76.32	94.42
0.58	3.53	0.67	3.78	76.32	0.11	88.91	94.53
0.67	12.45	0.78	16.23	88.91	0.02	103.58	94.54
0.78	34.42	0.91	50.65	103.58	0.00	120.67	94.54
0.91	26.23	1.06	76.87	120.67	0.00	140.58	94.54
1.06	5.50	1.24	82.38	140.58	0.00	163.77	94.54
1.24	0.45	1.44	82.82	163.77	0.00	190.80	94.54
1.44	0.03	1.68	82.85	190.80	0.03	222.28	94.57
1.68	0.00	1.95	82.85	222.28	0.23	258.95	94.80
1.95	0.00	2.28	82.85	258.95	0.49	301.68	95.29
2.28	0.00	2.65	82.85	301.68	0.82	351.46	96.12
2.65	0.00	3.09	82.85	351.46	1.17	409.45	97.29
3.09	0.00	3.60	82.85	409.45	1.31	477.01	98.60
3.60	0.00	4.19	82.85	477.01	0.90	555.71	99.51
4.19	0.00	4.88	82.85	555.71	0.49	647.41	100.00
4.88	0.00	5.69	82.85	647.41	0.00	754.23	100.00
5.69	0.00	6.63	82.85	754.23	0.00	878.67	100.00



ตาราง ข 20 ผลของขนาดอนุภาคที่ความเร็วรอบ 30 rpm เวลา 40 นาที



ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาคารสถานที่ : จุฬาลงกรณ์ รอย 62 ถนนวิทยุ ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทร 2188029-32, 2188101
Scientific and Technological Research Equipment Centre Chulalongkorn University
Building 2-3 Chula Soi 62 Phaya Thai Rd. Pathumwan Bangkok 10330 Tel. 2188029-32, 2188101 Fax. 2546211

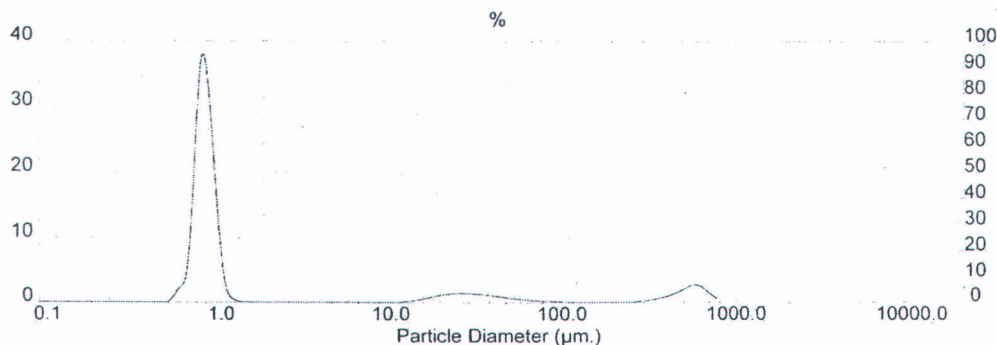
Result: Analysis Report

Sample Details		
Sample ID: 30 rpm 40 min	Run Number: 23	Measured: Mon Feb 1 2010 10:46AM
Sample File: CHULA12	Record Number: 1319	Analysed: Mon Feb 1 2010 10:46AM
Sample Path: C:\SIZERS\DATA\		Result Source: Analysed
Sample Notes: 30 rpm 40 min wet analysis system dispersing medium : water		

System Details			
Range Lens: 300RF mm	Beam Length: 2.40 mm	Sampler: MS1	Obscuration: 11.5 %
Presentation: 3OHD	[Particle R.I. = (1.5295, 0.1000);	Dispersant R.I. = 1.3300]	
Analysis Model: Polydisperse			Residual: 2.456 %
Modifications: None			

Result Statistics			
Distribution Type: Volume	Concentration = 0.0022 %Vol	Density = 1.000 g / cub. cm	Specific S.A. = 5.4551 sq. m / g
Mean Diameters:	D (v, 0.1) = 0.78 um	D (v, 0.5) = 0.92 um	D (v, 0.9) = 74.55 um
D [4, 3] = 55.77 um	D [3, 2] = 1.10 um	Span = 7.999E+01	Uniformity = 5.959E+01

Size Low (um)	In %	Size High (um)	Under%	Size Low (um)	In %	Size High (um)	Under%
0.05	0.00	0.06	0.00	6.63	0.00	7.72	79.58
0.06	0.00	0.07	0.00	7.72	0.00	9.00	79.58
0.07	0.00	0.08	0.00	9.00	0.00	10.48	79.58
0.08	0.00	0.09	0.00	10.48	0.00	12.21	79.58
0.09	0.00	0.11	0.00	12.21	0.17	14.22	79.76
0.11	0.00	0.13	0.00	14.22	0.42	16.57	80.17
0.13	0.00	0.15	0.00	16.57	0.79	19.31	80.96
0.15	0.00	0.17	0.00	19.31	1.15	22.49	82.11
0.17	0.00	0.20	0.00	22.49	1.38	26.20	83.50
0.20	0.00	0.23	0.00	26.20	1.44	30.53	84.94
0.23	0.00	0.27	0.00	30.53	1.36	35.56	86.30
0.27	0.00	0.31	0.00	35.56	1.18	41.43	87.49
0.31	0.00	0.36	0.00	41.43	0.96	48.27	88.44
0.36	0.00	0.42	0.00	48.27	0.72	56.23	89.16
0.42	0.00	0.49	0.01	56.23	0.52	65.51	89.68
0.49	0.06	0.58	0.06	65.51	0.37	76.32	90.05
0.58	2.04	0.67	2.10	76.32	0.26	88.91	90.31
0.67	8.37	0.78	10.47	88.91	0.18	103.58	90.50
0.78	36.42	0.91	46.89	103.58	0.11	120.67	90.61
0.91	26.95	1.06	73.84	120.67	0.05	140.58	90.66
1.06	5.21	1.24	79.05	140.58	0.01	163.77	90.68
1.24	0.47	1.44	79.52	163.77	0.00	190.80	90.68
1.44	0.06	1.68	79.58	190.80	0.00	222.28	90.68
1.68	0.01	1.95	79.58	222.28	0.00	258.95	90.68
1.95	0.00	2.28	79.58	258.95	0.16	301.68	90.84
2.28	0.00	2.65	79.58	301.68	0.38	351.46	91.22
2.65	0.00	3.09	79.58	351.46	0.73	409.45	91.95
3.09	0.00	3.60	79.58	409.45	1.31	477.01	93.27
3.60	0.00	4.19	79.58	477.01	2.19	555.71	95.46
4.19	0.00	4.88	79.58	555.71	2.72	647.41	98.18
4.88	0.00	5.69	79.58	647.41	1.51	754.23	99.70
5.69	0.00	6.63	79.58	754.23	0.30	878.67	100.00



Malvern Instruments Ltd.
Malvern, UK
Tel: +[44] (0)1684-892456 Fax: +[44] (0)1684-892789

Mastersizer S long bed Ver. 2.19
Serial Number:

03 Feb 10

ตาราง ข 21 ผลของขนาดอนุภาคที่ความเร็วรอบ 40 rpm เวลา 5 นาที



ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาคารสถาน 2 จุฬาลงกรณ์ ซอย 62 อ.ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทร 2188029-32, 2188101 โทรสาร 2540211
Scientific and Technological Research Equipment Centre Chulalongkorn University
Building 2-3 Chula Soi 62 Phaya-Thai Rd. Pathumwan Bangkok 10330 Tel. 2188029-32, 2188101 Fax: 2540211

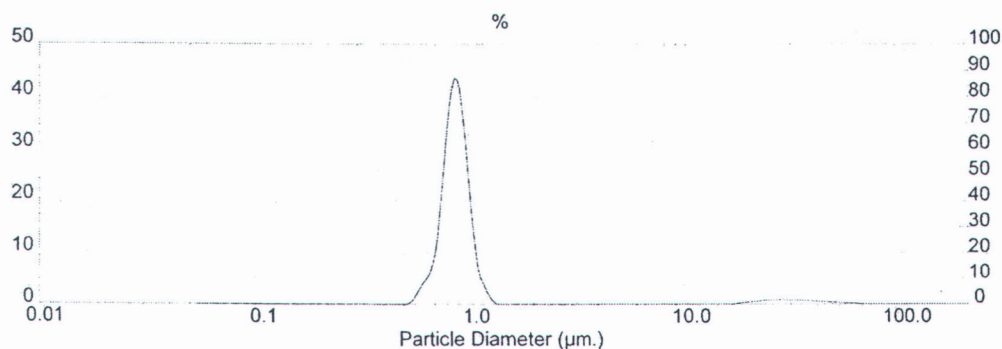
Result: Analysis Report

Sample Details		
Sample ID: 40 rpm 5 min	Run Number: 3	Measured: Mon Feb 1 2010 10:10AM
Sample File: CHULA12	Record Number: 1244	Analysed: Mon Feb 1 2010 10:10AM
Sample Path: C:\SIZERS\DATA\		Result Source: Analysed
Sample Notes: 40 rpm 5 min wet analysis system dispersing medium : water		

System Details			
Range Lens: 300RF mm	Beam Length: 2.40 mm	Sampler: MS1	Obscuration: 12.1 %
Presentation: 3OHD	[Particle R.I. = (1.5295, 0.1000);	Dispersant R.I. = 1.3300]	
Analysis Model: Polydisperse			Residual: 2.614 %
Modifications: None			

Result Statistics			
Distribution Type: Volume	Concentration = 0.0019 %Vol	Density = 1.000 g / cub. cm	Specific S.A. = 6.6539 sq. m / g
Mean Diameters:	D (v, 0.1) = 0.73 um	D (v, 0.5) = 0.88 um	D (v, 0.9) = 1.07 um
D [4, 3] = 2.48 um	D [3, 2] = 0.90 um	Span = 3.834E-01	Uniformity = 1.927E+00

Size Low (um)	In %	Size High (um)	Under%	Size Low (um)	In %	Size High (um)	Under%
0.05	0.00	0.06	0.00	6.63	0.00	7.72	94.92
0.06	0.00	0.07	0.00	7.72	0.00	9.00	94.92
0.07	0.00	0.08	0.00	9.00	0.00	10.48	94.92
0.08	0.00	0.09	0.00	10.48	0.00	12.21	94.92
0.09	0.00	0.11	0.00	12.21	0.00	14.22	94.92
0.11	0.00	0.13	0.00	14.22	0.00	16.57	94.92
0.13	0.00	0.15	0.00	16.57	0.28	19.31	95.20
0.15	0.00	0.17	0.00	19.31	0.62	22.49	95.82
0.17	0.00	0.20	0.00	22.49	0.84	26.20	96.66
0.20	0.00	0.23	0.00	26.20	0.91	30.53	97.57
0.23	0.00	0.27	0.00	30.53	0.84	35.56	98.41
0.27	0.00	0.31	0.00	35.56	0.66	41.43	99.07
0.31	0.00	0.36	0.00	41.43	0.45	48.27	99.52
0.36	0.00	0.42	0.00	48.27	0.28	56.23	99.80
0.42	0.03	0.49	0.03	56.23	0.15	65.51	99.94
0.49	0.36	0.58	0.38	65.51	0.06	76.32	100.00
0.58	4.34	0.67	4.73	76.32	0.00	88.91	100.00
0.67	13.72	0.78	18.45	88.91	0.00	103.58	100.00
0.78	41.93	0.91	60.37	103.58	0.00	120.67	100.00
0.91	29.10	1.06	89.47	120.67	0.00	140.58	100.00
1.06	5.13	1.24	94.60	140.58	0.00	163.77	100.00
1.24	0.31	1.44	94.92	163.77	0.00	190.80	100.00
1.44	0.00	1.68	94.92	190.80	0.00	222.28	100.00
1.68	0.00	1.95	94.92	222.28	0.00	258.95	100.00
1.95	0.00	2.28	94.92	258.95	0.00	301.68	100.00
2.28	0.00	2.65	94.92	301.68	0.00	351.46	100.00
2.65	0.00	3.09	94.92	351.46	0.00	409.45	100.00
3.09	0.00	3.60	94.92	409.45	0.00	477.01	100.00
3.60	0.00	4.19	94.92	477.01	0.00	555.71	100.00
4.19	0.00	4.88	94.92	555.71	0.00	647.41	100.00
4.88	0.00	5.69	94.92	647.41	0.00	754.23	100.00
5.69	0.00	6.63	94.92	754.23	0.00	878.67	100.00



Malvern Instruments Ltd.
Malvern, UK
Tel: +[44] (0)1684-892456 Fax: +[44] (0)1684-892789

Mastersizer S long bed Ver. 2.19
Serial Number:

02 Feb 10

ตาราง ข 22 ผลของขนาดอนุภาคที่ความเร็วรอบ 40 rpm เวลา 20 นาที



ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาคารสถาน 2 จุฬาลงกรณ์ รัชช 62 ถนนโยธา ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทร 2188029-32, 2188101
Scientific and Technological Research Equipment Centre Chulalongkorn University
Building 2-3 Chula Soi 62 Phaya Thai Rd. Phatumwan Bangkok 10330 Tel. 2188029-32, 2188101 Fax 2188101

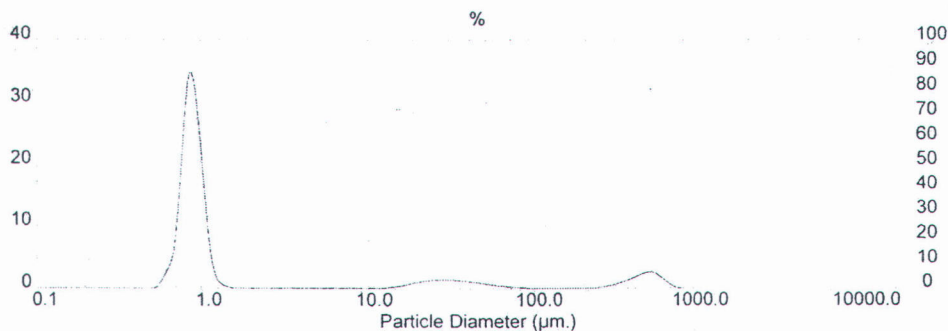
Result: Analysis Report

Sample Details		
Sample ID: 40 rpm 20 min	Run Number: 20	Measured: Mon Feb 1 2010 10:45AM
Sample File: CHULA12	Record Number: 1316	Analysed: Mon Feb 1 2010 10:46AM
Sample Path: C:\SIZERS\DATA\		Result Source: Analysed
Sample Notes: 40 rpm 20 min wet analysis system dispersing medium : water		

System Details			
Range Lens: 300RF mm	Beam Length: 2.40 mm	Sampler: MS1	Obscuration: 11.6 %
Presentation: 3OHD	[Particle R.I. = (1.5295, 0.1000):	Dispersant R.I. = 1.3300]	Residual: 3.087 %
Analysis Model: Polydisperse			
Modifications: None			

Result Statistics			
Distribution Type: Volume	Concentration = 0.0022 %Vol	Density = 1.000 g / cub. cm	Specific S.A. = 5.5163 sq. m / g
Mean Diameters:	D (v, 0.1) = 0.76 um	D (v, 0.5) = 0.92 um	D (v, 0.9) = 73.76 um
D [4, 3] = 48.82 um	D [3, 2] = 1.09 um	Span = 7.913E+01	Uniformity = 5.204E+01

Size Low (um)	In %	Size High (um)	Under%	Size Low (um)	In %	Size High (um)	Under%
0.05	0.00	0.06	0.00	6.63	0.00	7.72	80.00
0.06	0.00	0.07	0.00	7.72	0.00	9.00	80.00
0.07	0.00	0.08	0.00	9.00	0.00	10.48	80.00
0.08	0.00	0.09	0.00	10.48	0.00	12.21	80.00
0.09	0.00	0.11	0.00	12.21	0.19	14.22	80.19
0.11	0.00	0.13	0.00	14.22	0.42	16.57	80.61
0.13	0.00	0.15	0.00	16.57	0.77	19.31	81.38
0.15	0.00	0.17	0.00	19.31	1.12	22.49	82.50
0.17	0.00	0.20	0.00	22.49	1.34	26.20	83.84
0.20	0.00	0.23	0.00	26.20	1.40	30.53	85.24
0.23	0.00	0.27	0.00	30.53	1.32	35.56	86.56
0.27	0.00	0.31	0.00	35.56	1.15	41.43	87.71
0.31	0.00	0.36	0.00	41.43	0.92	48.27	88.63
0.36	0.00	0.42	0.00	48.27	0.68	56.23	89.31
0.42	0.01	0.49	0.01	56.23	0.46	65.51	89.77
0.49	0.13	0.58	0.14	65.51	0.28	76.32	90.05
0.58	2.68	0.67	2.82	76.32	0.15	88.91	90.20
0.67	10.77	0.78	13.59	88.91	0.06	103.58	90.26
0.78	33.47	0.91	47.06	103.58	0.01	120.67	90.27
0.91	26.00	1.06	73.06	120.67	0.00	140.58	90.27
1.06	6.11	1.24	79.17	140.58	0.00	163.77	90.27
1.24	0.70	1.44	79.88	163.77	0.00	190.80	90.27
1.44	0.11	1.68	79.99	190.80	0.00	222.28	90.27
1.68	0.01	1.95	80.00	222.28	0.19	258.95	90.46
1.95	0.00	2.28	80.00	258.95	0.48	301.68	90.94
2.28	0.00	2.65	80.00	301.68	0.92	351.46	91.86
2.65	0.00	3.09	80.00	351.46	1.56	409.45	93.42
3.09	0.00	3.60	80.00	409.45	2.32	477.01	95.74
3.60	0.00	4.19	80.00	477.01	2.56	555.71	98.30
4.19	0.00	4.88	80.00	555.71	1.42	647.41	99.72
4.88	0.00	5.69	80.00	647.41	0.28	754.23	100.00
5.69	0.00	6.63	80.00	754.23	0.00	878.67	100.00



ตาราง ข 23 ผลของขนาดอนุภาคที่ความเร็วรอบ 40 rpm เวลา 40 นาที



ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
 อาคารสาย 2 จุฬาลงกรณ์ ชั้น 2 ถนนสุขุมวิท ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทร 2186029-32, 2182101 โทรสาร 2186029-32
 Scientific and Technological Research Equipment Centre Chulalongkorn University
 Building 2-3 Chula Soi 62 Phaya Thai Rd. Phatumwan Bangkok 10330 Tel. 2186029-32, 2182101 Fax. 2540211

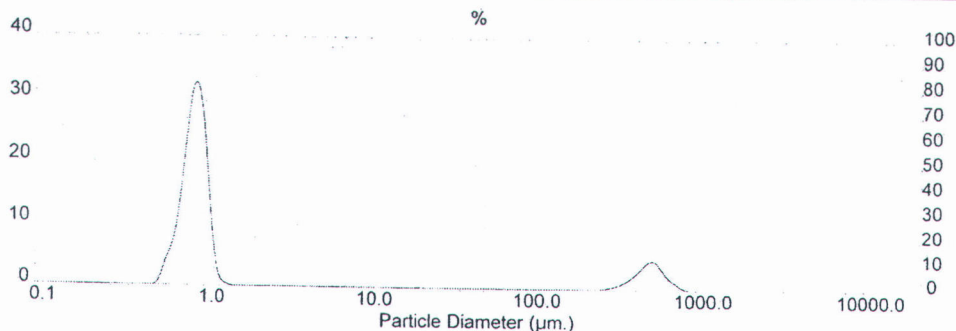
Result: Analysis Report

Sample Details		
Sample ID: 40 rpm 40 min	Run Number: 9	Measured: Mon Feb 1 2010 10:02AM
Sample File: CHULA12	Record Number: 1232	Analysed: Mon Feb 1 2010 10:02AM
Sample Path: C:\SIZERS\DATA\		Result Source: Analysed
Sample Notes: 40 rpm 40 min wet analysis system dispersing medium : water		

System Details			
Range Lens: 300RF mm	Beam Length: 2.40 mm	Sampler: MS1	Obscuration: 11.1 %
Presentation: 3OHD	[Particle R.I. = (1.5295, 0.1000);	Dispersant R.I. = 1.3300]	
Analysis Model: Polydisperse			Residual: 4.016 %
Modifications: None			

Result Statistics			
Distribution Type: Volume	Concentration = 0.0020 %Vol	Density = 1.000 g / cub. cm	Specific S.A. = 5.9798 sq. m / g
Mean Diameters:	D (v, 0.1) = 0.71 um	D (v, 0.5) = 0.91 um	D (v, 0.9) = 441.20 um
D [4, 3] = 73.31 um	D [3, 2] = 1.00 um	Span = 4.864E+02	Uniformity = 8.009E+01

Size Low (um)	In %	Size High (um)	Under%	Size Low (um)	In %	Size High (um)	Under%
0.05	0.00	0.06	0.00	6.63	0.00	7.72	85.02
0.06	0.00	0.07	0.00	7.72	0.00	9.00	85.02
0.07	0.00	0.08	0.00	9.00	0.00	10.48	85.02
0.08	0.00	0.09	0.00	10.48	0.00	12.21	85.02
0.09	0.00	0.11	0.00	12.21	0.00	14.22	85.02
0.11	0.00	0.13	0.00	14.22	0.00	16.57	85.02
0.13	0.00	0.15	0.00	16.57	0.00	19.31	85.02
0.15	0.00	0.17	0.00	19.31	0.00	22.49	85.02
0.17	0.00	0.20	0.00	22.49	0.00	26.20	85.02
0.20	0.00	0.23	0.00	26.20	0.00	30.53	85.02
0.23	0.00	0.27	0.00	30.53	0.00	35.56	85.02
0.27	0.00	0.31	0.00	35.56	0.00	41.43	85.02
0.31	0.00	0.36	0.00	41.43	0.00	48.27	85.02
0.36	0.00	0.42	0.00	48.27	0.00	56.23	85.02
0.42	0.05	0.49	0.05	56.23	0.00	65.51	85.02
0.49	0.56	0.58	0.61	65.51	0.00	76.32	85.02
0.58	5.38	0.67	5.98	76.32	0.00	88.91	85.02
0.67	14.43	0.78	20.42	88.91	0.00	103.58	85.02
0.78	30.73	0.91	51.15	103.58	0.00	120.67	85.02
0.91	27.18	1.06	78.33	120.67	0.00	140.58	85.02
1.06	6.17	1.24	84.50	140.58	0.00	163.77	85.02
1.24	0.51	1.44	85.01	163.77	0.00	190.80	85.02
1.44	0.01	1.68	85.02	190.80	0.00	222.28	85.02
1.68	0.00	1.95	85.02	222.28	0.06	258.95	85.08
1.95	0.00	2.28	85.02	258.95	0.34	301.68	85.42
2.28	0.00	2.65	85.02	301.68	0.91	351.46	86.33
2.65	0.00	3.09	85.02	351.46	2.04	409.45	88.37
3.09	0.00	3.60	85.02	409.45	3.78	477.01	92.15
3.60	0.00	4.19	85.02	477.01	4.58	555.71	96.73
4.19	0.00	4.88	85.02	555.71	2.38	647.41	99.12
4.88	0.00	5.69	85.02	647.41	0.88	754.23	100.00
5.69	0.00	6.63	85.02	754.23	0.00	878.67	100.00



Malvern Instruments Ltd.
 Malvern, UK
 Tel: +[44] (0)1684-892456 Fax: +[44] (0)1684-892789

Mastersizer S long bed Ver. 2.19
 Serial Number:

p. 18
 03 Feb 10 15:26

ตาราง ข 24 ผลของขนาดอนุภาคที่ความเร็วรอบ 50 rpm เวลา 5 นาที



ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาคารสถานี 2 จุฬาลงกรณ์ ซอย 62 ถนนพญาไท ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10530 โทร 2188029-32, 2188101
Scientific and Technological Research Equipment Centre Chulalongkorn University
Building 2-3 Chula Soi 62 Phaya-Thai Rd. Pathumwan Bangkok 10530 Tel. 2188029-32, 2188101 Fax 2540011

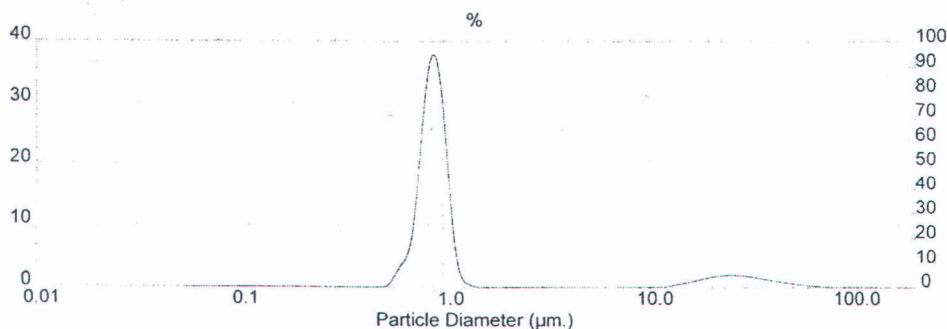
Result: Analysis Report

Sample Details		
Sample ID: 50 rpm 5 min	Run Number: 5	Measured: Mon Feb 1 2010 9:46AM
Sample File: CHULA12	Record Number: 1220	Analysed: Mon Feb 1 2010 9:46AM
Sample Path: C:\SIZERS\DATA\		Result Source: Analysed
Sample Notes: 50 rpm 5 min		
wet analysis system		
dispersing medium : water		

System Details			
Range Lens: 300RF mm	Beam Length: 2.40 mm	Sampler: MS1	Obscuration: 11.6 %
Presentation: 3OHD	[Particle R.I. = (1.5295, 0.1000);	Dispersant R.I. = 1.3300]	
Analysis Model: Polydisperse			Residual: 2.398 %
Modifications: None			

Result Statistics			
Distribution Type: Volume	Concentration = 0.0020 %Vol	Density = 1.000 g / cub. cm	Specific S.A. = 6.0026 sq. m / g
Mean Diameters:	D (v, 0.1) = 0.76 um	D (v, 0.5) = 0.92 um	D (v, 0.9) = 19.66 um
D [4, 3] = 4.50 um	D [3, 2] = 1.00 um	Span = 2.062E+01	Uniformity = 4.027E+00

Size Low (um)	In %	Size High (um)	Under%	Size Low (um)	In %	Size High (um)	Under%
0.05	0.00	0.06	0.00	6.63	0.00	7.72	87.37
0.06	0.00	0.07	0.00	7.72	0.00	9.00	87.37
0.07	0.00	0.08	0.00	9.00	0.00	10.48	87.37
0.08	0.00	0.09	0.00	10.48	0.00	12.21	87.37
0.09	0.00	0.11	0.00	12.21	0.37	14.22	87.74
0.11	0.00	0.13	0.00	14.22	0.77	16.57	88.51
0.13	0.00	0.15	0.00	16.57	1.30	19.31	89.81
0.15	0.00	0.17	0.00	19.31	1.74	22.49	91.55
0.17	0.00	0.20	0.00	22.49	1.94	26.20	93.49
0.20	0.00	0.23	0.00	26.20	1.86	30.53	95.35
0.23	0.00	0.27	0.00	30.53	1.58	35.56	96.93
0.27	0.00	0.31	0.00	35.56	1.18	41.43	98.11
0.31	0.00	0.36	0.00	41.43	0.84	48.27	98.95
0.36	0.00	0.42	0.00	48.27	0.56	56.23	99.51
0.42	0.02	0.49	0.02	56.23	0.33	65.51	99.84
0.49	0.20	0.58	0.22	65.51	0.16	76.32	100.00
0.58	3.36	0.67	3.58	76.32	0.00	88.91	100.00
0.67	10.40	0.78	13.98	88.91	0.00	103.58	100.00
0.78	34.26	0.91	48.24	103.58	0.00	120.67	100.00
0.91	32.01	1.06	80.24	120.67	0.00	140.58	100.00
1.06	6.59	1.24	86.83	140.58	0.00	163.77	100.00
1.24	0.52	1.44	87.35	163.77	0.00	190.80	100.00
1.44	0.02	1.68	87.37	190.80	0.00	222.28	100.00
1.68	0.00	1.95	87.37	222.28	0.00	258.95	100.00
1.95	0.00	2.28	87.37	258.95	0.00	301.68	100.00
2.28	0.00	2.65	87.37	301.68	0.00	351.46	100.00
2.65	0.00	3.09	87.37	351.46	0.00	409.45	100.00
3.09	0.00	3.60	87.37	409.45	0.00	477.01	100.00
3.60	0.00	4.19	87.37	477.01	0.00	555.71	100.00
4.19	0.00	4.88	87.37	555.71	0.00	647.41	100.00
4.88	0.00	5.69	87.37	647.41	0.00	754.23	100.00
5.69	0.00	6.63	87.37	754.23	0.00	876.67	100.00



Malvern Instruments Ltd.
Malvern, UK
Tel: +[44] (0)1684-892456 Fax: +[44] (0)1684-892789

Mastersizer S long bed Ver. 2.19
Serial Number:

p. 48
02 Feb 10 13:36

ตาราง ข 25 ผลของขนาดอนุภาคที่ความเร็วรอบ 50 rpm เวลา 20 นาที



ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาคารสถาน 2 จุฬาลงกรณ์ ซอย 62 ถนนพญาไท ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทร 2188029-32, 2188101 โทรสาร 2540011
Scientific and Technological Research Equipment Centre Chulalongkorn University
Building 2-3 Chula Soi 62 Phaya-Thai Rd. Pathumwan Bangkok 10330 Tel. 2188029-32, 2188101 Fax. 2540011

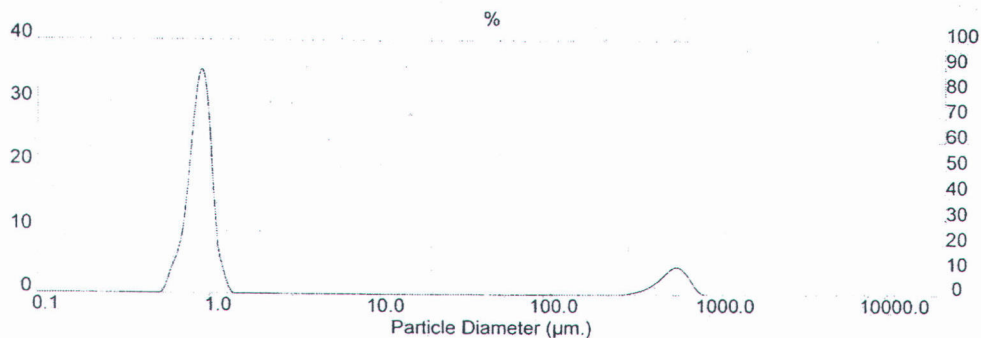
Result: Analysis Report

Sample Details		
Sample ID: 50 rpm 20 min	Run Number: 4	Measured: Mon Feb 1 2010 10:00AM
Sample File: CHULA12	Record Number: 1228	Analysed: Mon Feb 1 2010 10:00AM
Sample Path: C:\SIZERS\DATA\		Result Source: Analysed
Sample Notes: 50 rpm 20 min		
wet analysis system		
dispersing medium : water		

System Details			
Range Lens: 300RF mm	Beam Length: 2.40 mm	Sampler: MS1	Obscuration: 10.9 %
Presentation: 3OHD	[Particle R.I. = (1.5295, 0.1000);	Dispersant R.I. = 1.3300]	
Analysis Model: Polydisperse			Residual: 3.418 %
Modifications: None			

Result Statistics			
Distribution Type: Volume	Concentration = 0.0019 %Vol	Density = 1.000 g / cub. cm	Specific S.A. = 6.0763 sq. m / g
Mean Diameters:	D (v, 0.1) = 0.72 um	D (v, 0.5) = 0.90 um	D (v, 0.9) = 437.93 um
D [4, 3] = 67.86 um	D [3, 2] = 0.99 um	Span = 4.851E+02	Uniformity = 7.443E+01

Size Low (um)	In %	Size High (um)	Under%	Size Low (um)	In %	Size High (um)	Under%
0.05	0.00	0.06	0.00	6.63	0.00	7.72	86.52
0.06	0.00	0.07	0.00	7.72	0.00	9.00	86.52
0.07	0.00	0.08	0.00	9.00	0.00	10.48	86.52
0.08	0.00	0.09	0.00	10.48	0.00	12.21	86.52
0.09	0.00	0.11	0.00	12.21	0.00	14.22	86.52
0.11	0.00	0.13	0.00	14.22	0.00	16.57	86.52
0.13	0.00	0.15	0.00	16.57	0.00	19.31	86.52
0.15	0.00	0.17	0.00	19.31	0.00	22.49	86.52
0.17	0.00	0.20	0.00	22.49	0.00	26.20	86.52
0.20	0.00	0.23	0.00	26.20	0.00	30.53	86.52
0.23	0.00	0.27	0.00	30.53	0.00	35.56	86.52
0.27	0.00	0.31	0.00	35.56	0.00	41.43	86.52
0.31	0.00	0.36	0.00	41.43	0.00	48.27	86.52
0.36	0.00	0.42	0.00	48.27	0.00	56.23	86.52
0.42	0.04	0.49	0.04	56.23	0.00	65.51	86.52
0.49	0.48	0.58	0.52	65.51	0.00	76.32	86.52
0.58	5.14	0.67	5.66	76.32	0.00	88.91	86.52
0.67	14.20	0.78	19.86	88.91	0.00	103.58	86.52
0.78	32.52	0.91	52.39	103.58	0.00	120.67	86.52
0.91	27.94	1.06	80.33	120.67	0.00	140.58	86.52
1.06	5.76	1.24	86.09	140.58	0.00	163.77	86.52
1.24	0.43	1.44	86.52	163.77	0.00	190.80	86.52
1.44	0.01	1.68	86.52	190.80	0.00	222.28	86.52
1.68	0.00	1.95	86.52	222.28	0.01	258.95	86.53
1.95	0.00	2.28	86.52	258.95	0.22	301.68	86.75
2.28	0.00	2.65	86.52	301.68	0.64	351.46	87.39
2.65	0.00	3.09	86.52	351.46	1.49	409.45	88.88
3.09	0.00	3.60	86.52	409.45	3.03	477.01	91.91
3.60	0.00	4.19	86.52	477.01	4.39	555.71	96.30
4.19	0.00	4.88	86.52	555.71	3.15	647.41	99.44
4.88	0.00	5.69	86.52	647.41	0.56	754.23	100.00
5.69	0.00	6.63	86.52	754.23	0.00	878.67	100.00



Malvern Instruments Ltd.
Malvern, UK
Tel: +[44] (0)1684-892456 Fax: +[44] (0)1684-892789

Mastersizer S long bed Ver. 2.19
Serial Number:

p.
03 Feb 10 15

ตาราง ข 26 ผลของขนาดอนุภาคที่ความเร็วรอบ 50 rpm เวลา 40 นาที



ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาคารสถาบัน 2 จุฬาลงกรณ์ ซอย 62 ถนนพญาไท กรุงเทพมหานคร 10330 โทร 2188029-32, 2188101 โทรสาร 254-0214
Scientific and Technological Research Equipment Centre Chulalongkorn University
Building 2-3 Chula Soi 62 Phaya Thai Rd Phatumwan Bangkok 10330 Tel. 2188029-32, 2188101 Fax 254-0214

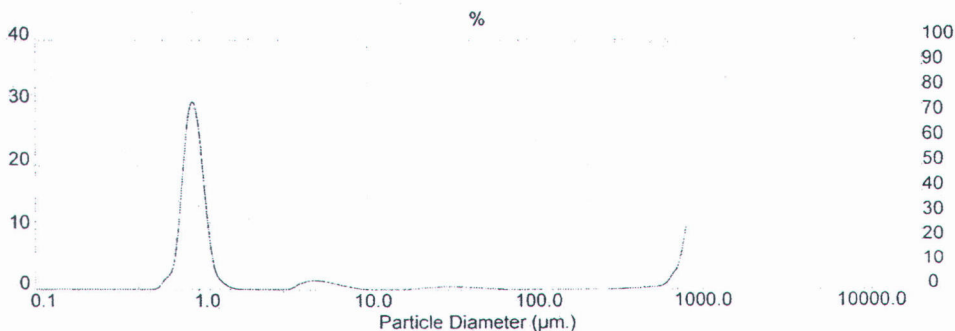
Result: Analysis Report

Sample Details		
Sample ID: 50 rpm 40 min	Run Number: 2	Measured: Mon Feb 1 2010 10:33AM
Sample File: CHULA12	Record Number: 1286	Analysed: Mon Feb 1 2010 10:33AM
Sample Path: C:\SIZERS\DATA\		Result Source: Analysed
Sample Notes: 50 rpm 40 min		
wet analysis system		
dispersing medium : water		

System Details		
Range Lens: 300RF mm	Beam Length: 2.40 mm	Sampler: MS1
Presentation: 3OHD	[Particle R.I. = (1.5295, 0.1000); Dispersant R.I. = 1.3300]	Obscuration: 11.3 %
Analysis Model: Polydisperse		Residual: 2.000 %
Modifications: None		

Result Statistics			
Distribution Type: Volume	Concentration = 0.0023 %Vol	Density = 1.000 g / cub. cm	Specific S.A. = 4.9202 sq. m / g
Mean Diameters:	D (v, 0.1) = 0.79 um	D (v, 0.5) = 0.98 um	D (v, 0.9) = 783.23 um
D [4, 3] = 133.50 um	D [3, 2] = 1.22 um	Span = 7.972E+02	Uniformity = 1.351E+02

Size Low (um)	In %	Size High (um)	Under%	Size Low (um)	In %	Size High (um)	Under%
0.05	0.00	0.06	0.00	6.63	0.74	7.72	78.91
0.06	0.00	0.07	0.00	7.72	0.37	9.00	79.28
0.07	0.00	0.08	0.00	9.00	0.12	10.48	79.39
0.08	0.00	0.09	0.00	10.48	0.01	12.21	79.40
0.09	0.00	0.11	0.00	12.21	0.00	14.22	79.40
0.11	0.00	0.13	0.00	14.22	0.00	16.57	79.40
0.13	0.00	0.15	0.00	16.57	0.13	19.31	79.53
0.15	0.00	0.17	0.00	19.31	0.31	22.49	79.84
0.17	0.00	0.20	0.00	22.49	0.45	26.20	80.29
0.20	0.00	0.23	0.00	26.20	0.54	30.53	80.83
0.23	0.00	0.27	0.00	30.53	0.54	35.56	81.37
0.27	0.00	0.31	0.00	35.56	0.48	41.43	81.86
0.31	0.00	0.36	0.00	41.43	0.38	48.27	82.23
0.36	0.00	0.42	0.00	48.27	0.25	56.23	82.49
0.42	0.00	0.49	0.00	56.23	0.16	65.51	82.65
0.49	0.08	0.58	0.08	65.51	0.00	76.32	82.65
0.58	1.73	0.67	1.81	76.32	0.00	88.91	82.65
0.67	6.81	0.78	8.63	88.91	0.00	103.58	82.65
0.78	26.55	0.91	35.17	103.58	0.00	120.67	82.65
0.91	26.85	1.06	62.03	120.67	0.00	140.58	82.65
1.06	9.22	1.24	71.24	140.58	0.00	163.77	82.65
1.24	1.64	1.44	72.88	163.77	0.00	190.80	82.65
1.44	0.40	1.68	73.28	190.80	0.00	222.28	82.65
1.68	0.06	1.95	73.34	222.28	0.00	258.95	82.65
1.95	0.00	2.28	73.34	258.95	0.00	301.68	82.65
2.28	0.00	2.65	73.34	301.68	0.08	351.46	82.73
2.65	0.00	3.09	73.34	351.46	0.20	409.45	82.93
3.09	0.00	3.60	73.34	409.45	0.30	477.01	83.24
3.60	0.77	4.19	74.11	477.01	0.47	555.71	83.71
4.19	1.41	4.88	75.52	555.71	1.02	647.41	84.73
4.88	1.48	5.69	77.00	647.41	3.36	754.23	88.09
5.69	1.17	6.63	78.16	754.23	11.91	878.67	100.00



ตาราง ข 27 ผลของปริมาณDAHP ต่อการลดปริมาณแมกนีเซียมอิสระในน้ำยางสด

DAHP(g)	แมกนีเซียมที่เหลือ(ppm)
155.5000	35
77.7500	123
51.8333	253

ส่วนที่ 2

ตาราง ข 28 ผลของการเติมปริมาตรไดอะฟิลเตรชัน ที่ความเร็วรอบเยื่อแผ่น 600 rpm ต่อเพอร์มิเอชันฟลักซ์ และเปอร์เซ็นต์การกักเก็บ

%DRC เริ่มต้น 19%

ปริมาตรไดอะฟิลเตรชัน	ผลต่างเวลา (นาท)	เวลา (นาท)	เพอร์มิเอชันฟลักซ์ (ลิตร/เมตร ² . ชั่วโมง)	นน. น้ำยาง (กรัม)	นน. น้ำยางสด (กรัม)	นน.แห้งรวม (กรัม)	% DRC เพอร์มิเอด	% การกักเก็บ
1	4.0	4.0	1041.67	10.2352	10.1463	4.4401	5.7107	69.94
2	5.0	9.0	833.33	10.3231	10.1322	4.2823	4.1854	77.97
3	5.5	14.5	757.58	10.2131	10.2110	4.2498	3.6191	80.95
4	5.5	20.0	757.58	10.7251	10.1320	4.2388	3.6236	80.93

ตาราง ข 29 ผลของการเติมปริมาตรไดอะฟิลเตรชัน ที่ความเร็วรอบเยื่อแผ่น 900 rpm ต่อเพอร์มิเอชันฟลักซ์ และเปอร์เซ็นต์การกักเก็บ

%DRC เริ่มต้น 19%

ปริมาตรไดอะฟิลเตรชัน	ผลต่างเวลา (นาท)	เวลา (นาท)	เพอร์มิเอชันฟลักซ์ (ลิตร/เมตร ² . ชั่วโมง)	นน. น้ำยาง (กรัม)	นน. น้ำยางสด (กรัม)	นน.แห้งรวม (กรัม)	% DRC เพอร์มิเอด	% การกักเก็บ
1	2.7	2.7	1543.21	10.2567	10.1523	4.4342	5.6190	70.43
2	3.8	6.5	1096.49	10.3784	10.1242	4.2623	3.9997	78.95
3	4.8	11.3	868.06	10.1843	10.1452	4.2014	3.3996	82.11
4	5.0	16.3	833.33	10.1410	10.0871	4.1209	2.8380	85.06
5	5.0	21.3	833.33	10.1929	10.5872	4.3121	2.8350	85.08



ตาราง ข 30 ผลของการเติมปริมาตรไดอะฟิเตรชัน ที่ความเร็วรอบเยื่อแผ่น 1200 rpm ต่อเพอร์มิเอชันฟลักซ์ และเปอร์เซ็นต์การกักเก็บ

ปริมาตรไดอะฟิเตรชัน	ผลต่างเวลา (นาท)	เวลา (นาท)	เพอร์มิเอชันฟลักซ์ (ลิตร/เมตร ² . ชั่วโมง)	นน.น้ำยาง (กรัม)	นน.น้ำยางสด(กรัม)	นน.แห้งรวม (กรัม)	% DRC เพอร์มิเอต	% การกักเก็บ
1	1.0	1.0	4166.67	10.2342	10.2314	4.2662	3.6961	80.55
2	1.3	2.3	3205.13	10.2543	10.2542	4.2524	3.4698	81.74
3	1.6	3.9	2604.17	10.5736	10.3562	4.2423	2.9029	84.72
4	2.0	5.9	2083.33	10.2483	10.1495	4.1401	2.7643	85.45
5	2.5	8.4	1666.67	10.5426	10.3625	4.2122	2.6032	86.30
6	2.8	11.2	1488.10	10.4212	10.4513	4.2231	2.4144	87.29
7	3.2	14.4	1302.08	10.6349	10.4197	4.2042	2.3010	87.89
8	3.6	18.0	1157.41	10.4234	10.2693	4.1351	2.2331	88.25
9	4.5	22.5	925.93	10.1247	10.2954	4.1232	2.0835	89.03
10	4.5	27.0	925.93	10.7542	10.1995	4.0998	2.0828	89.04

ตาราง ข 31 ผลของการเติมปริมาตรไดอะฟิเตรชัน ที่ความเร็วรอบเยื่อแผ่น 600 rpm ต่อความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่เหลือในถังป้อน

ปริมาตร	เวลา (นาท)	นน.น้ำยาง (กรัม)	EDTA(มิลลิลิตร)	ความเข้มข้นของแมกนีเซียม(ppm)
1	4.0	3.63	1.7	247.50
2	9.0	4.22	1.7	212.89
3	14.5	3.83	1.4	193.18
4	20.0	3.65	1.3	188.23

ตาราง ข 32 ผลของการเติมปริมาตรไดอะฟิเตรชัน ที่ความเร็วรอบเยื่อแผ่น 900 rpm ต่อความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่เหลือในถังป้อน

ปริมาตร	เวลา (นาท)	นน.น้ำยาง (กรัม)	EDTA(มิลลิลิตร)	ความเข้มข้นของแมกนีเซียม(ppm)
1	2.7	3.24	1.5	244.67
2	6.5	3.32	1.3	206.93
3	11.3	4.03	1.4	183.59
4	16.3	3.83	1.3	179.38
5	21.3	4.07	1.3	168.80

ตาราง ข 33 ผลของการเติมปริมาตรไดอะฟิเตรชัน ที่ความเร็วรอบเยื่อแผ่น 1200 rpm ต่อความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่เหลือในถังป้อน

ปริมาตร	เวลา (นาท)	นน.น้ำยาง (กรัม)	EDTA(มิลลิลิตร)	ความเข้มข้นของแมกนีเซียม(ppm)
1	1.0	3.54	1.6	238.86
2	2.3	3.59	1.5	220.81
3	3.9	3.40	1.3	202.07
4	5.9	3.94	1.4	187.78
5	8.4	3.72	1.2	170.48
6	11.2	3.59	1.1	161.93
7	14.2	3.77	1.1	154.20
8	17.7	3.74	1.0	141.30
9	22.2	4.09	1.0	129.21
10	26.7	4.36	1.0	121.21

ตาราง ข 34 ผลของความเร็วย้อนต่อค่าความต้านทานรวม ความต้านทานในเยื่อแผ่นและความต้านทานที่ผิวเยื่อแผ่น

ความเร็วย้อนของเยื่อแผ่น (รอบต่อนาที)	ความต้านทานรวม $R_T \times 10^{11}$ (1/m)	ความต้านทานในเยื่อแผ่น $R_i \times 10^{11}$ (1/m)	ความต้านทานของผิวของเยื่อแผ่น $R_c \times 10^{11}$ (1/m)
600	2.6	1.18	1.28
900	1.85	0.74	1.03
1200	1.3	0.53	0.65

ภาคผนวก ค

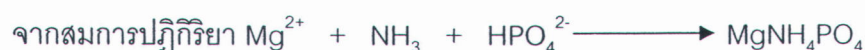
ภาคผนวก ค 1 คูณปริมาณ Mg^{2+} จากสมการปฏิกิริยา

Basis: น้ำยางสด 12 กิโลกรัม

- มีความเข้มข้นของ Mg^{2+} เริ่มต้นเท่ากับ 600 ppm หมายความว่า
 น้ำยางสด 10^6 กรัม จะมี Mg^{2+} อยู่ 600 กรัม
 ถ้าน้ำยางสด 12000 กรัม จะมี Mg^{2+} อยู่ $\frac{12000 \times 600}{10^6} = 7.2$ กรัม
 - ความเข้มข้นของ Mg^{2+} ที่เหลือเท่ากับ 35 ppm หมายความว่า
 น้ำยางสด 10^6 กรัม จะมี Mg^{2+} อยู่ 35 กรัม
 ถ้าน้ำยางสด 12000 กรัม จะมี Mg^{2+} อยู่ $\frac{12000 \times 35}{10^6} = 0.42$ กรัม
- ดังนั้น Mg^{2+} ทำปฏิกิริยาไป = Mg^{2+} เริ่มต้น - Mg^{2+} ที่เหลือ
 $= 7.2 - 0.42$
 $= 6.78$ กรัม

มวลโมเลกุลของ Mg^{2+} คือ 24.31

ดังนั้น Mg^{2+} ทำปฏิกิริยาไป = $6.78 / 24.31 = 0.2789$ โมล



พบว่าต้องมีสไลด์เกิดขึ้น 0.2789 โมล ด้วย

มวลโมเลกุลของสไลด์ คือ 137.31

ดังนั้น ต้องมีสไลด์เกิดขึ้น = $137.31 \times 0.2789 = 38.3$ กรัม

แต่จากผลการทดลอง ยกตัวอย่างที่ 50 rpm ที่เวลา 40 นาที พบว่า

- มีสไลด์เกิดขึ้น 0.2308 กรัม จากน้ำยางตัวอย่าง 50 กรัม หมายความว่า
 น้ำยางสด 50 กรัม จะมีปริมาณสไลด์อยู่ 0.2308 กรัม
 ถ้าน้ำยางสด 12000 กรัม จะมีปริมาณสไลด์อยู่ $\frac{12000 \times 0.2308}{50} = 55.392$ กรัม

จากสมการปฏิกิริยาข้างต้น ต้องมีสไลด์ที่เกิดขึ้น 38.3 กรัม แต่จากการทดลองมีสไลด์เกิดขึ้น 55.4 กรัมแสดงว่ามีอนุภาคบางส่วนมาเกาะกับสไลด์ทำให้มีปริมาณมากขึ้น

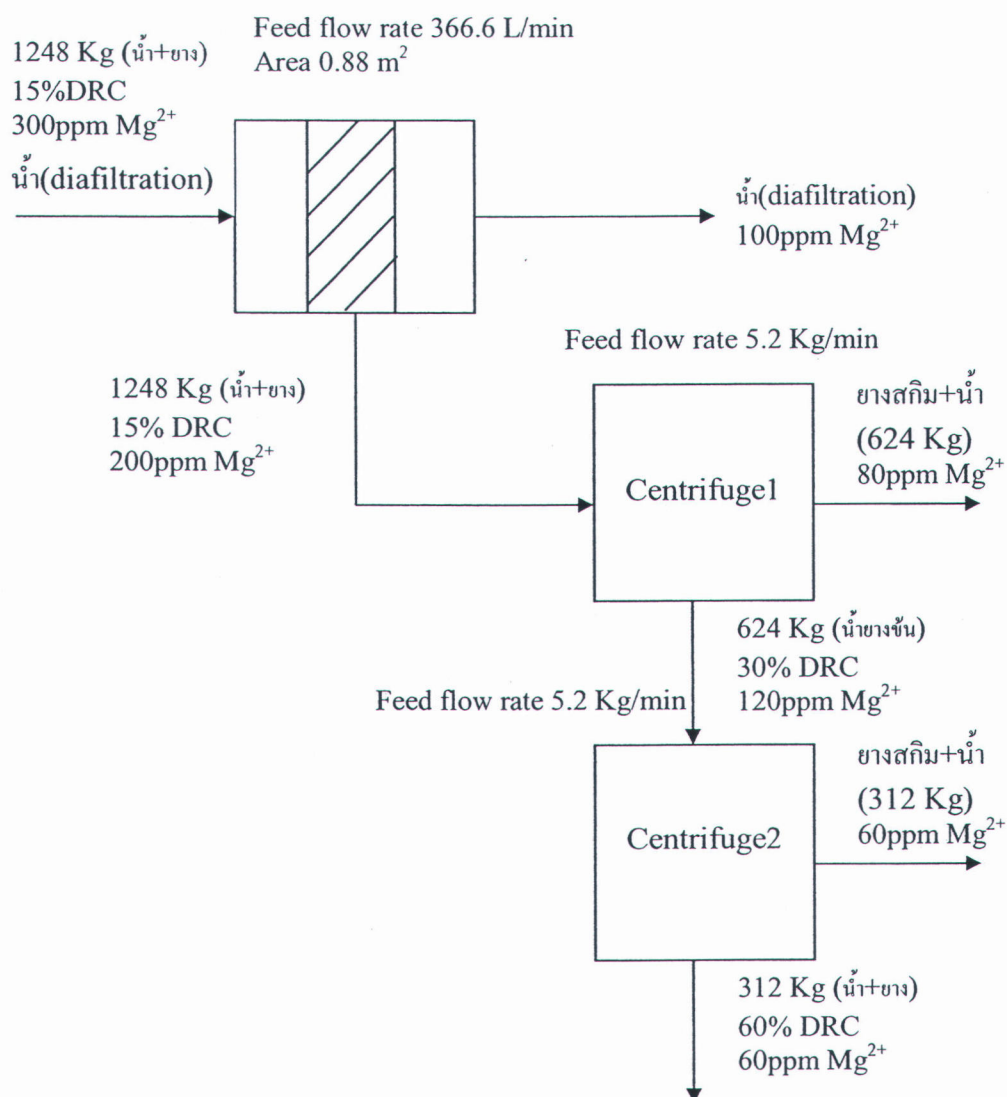
ภาคผนวก ค 2 การเปรียบเทียบอัตราการผลิตน้ำยางข้นของ 3 วิธี คือ

1. วิธีดั้งเดิมของโรงงาน (ใช้สารละลาย DAHP ตกตะกอนแมกนีเซียมในน้ำยางสด กวนด้วยตัวกวนรูปตัวที ที่ความเร็วรอบ 30 rpm เป็นเวลา 40 นาที)
2. วิธีของโรงงาน โดยเปลี่ยนตัวกวน และกวนที่ภาวะที่เหมาะสม (ใช้สารละลาย DAHP ตกตะกอนแมกนีเซียมในน้ำยางสด กวนด้วยตัวกวนชนิด High Efficiency Impeller ที่ความเร็วรอบ 50 rpm เป็นเวลา 40 นาที)
3. กระบวนการไดอะฟิลเตรชันร่วมกับการกรองชนิดเยื่อแผ่นหมุนได้ (ไม่ใช้สารละลาย DAHP ในการตกตะกอนแมกนีเซียม)

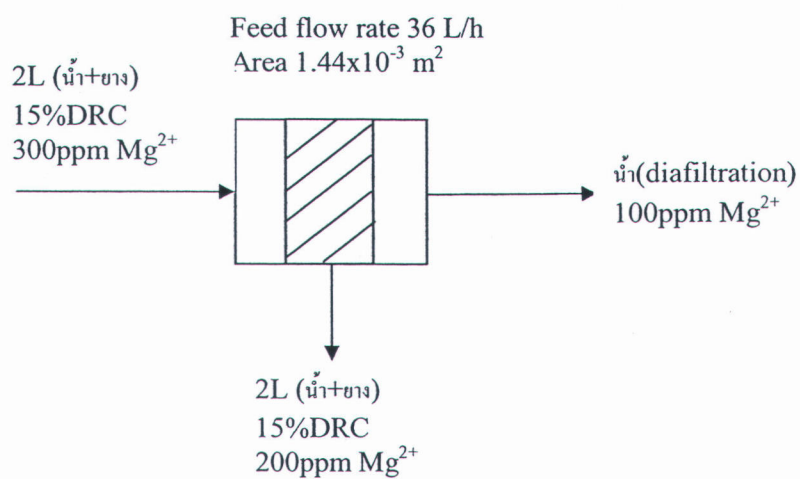
Basis : เครื่องเซนตริฟิวส์ 1 เครื่องสามารถรับน้ำยางสดได้ 70 กิโลกรัม

วิธีที่ 1 น้ำยางสดถูกส่งเข้าบ่อพักน้ำยางสด เติม DAHP กวนที่ความเร็วรอบ 30 rpm เป็นเวลา 40 นาที ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 8 ชั่วโมงเพื่อตกตะกอน แล้วเข้าเครื่องเซนตริฟิวส์ 1 เครื่อง ด้วยอัตราการไหลของสายป้อน 5.2 กิโลกรัม/นาที โดยหยุดพักเครื่องเซนตริฟิวส์ทุก 2 ชั่วโมง เพื่อล้างตะกอนที่แบ่งที่ไปอุดตันเครื่องเซนตริฟิวส์ โดยใช้เวลาในการล้างตะกอนที่แบ่ง 1 ชั่วโมง ดังนั้นเวลารวมตลอดกระบวนการ คือ 11 ชั่วโมง 40 นาที ได้น้ำยางข้น 312 กิโลกรัมต่อเครื่อง แต่โรงงานมีเครื่องเซนตริฟิวส์ 20 เครื่อง จึงได้น้ำยางข้นทั้งหมด 6240 กิโลกรัม หรือ 6 ตัน 240 กิโลกรัม อัตราการเกิดผลิตภัณฑ์ คือ 0.45 กิโลกรัมต่อนาทีต่อเซนตริฟิวส์ 1 เครื่อง

วิธีที่ 2 น้ำยางสดถูกส่งเข้าบ่อพักน้ำยางสด เติม DAHP กวนที่ความเร็วรอบ 50 rpm เป็นเวลา 40 นาที ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 8 ชั่วโมงเพื่อตกตะกอน แล้วเข้าเครื่องเซนตริฟิวส์ ด้วยอัตราการไหลของสายป้อน 5.2 กิโลกรัม/นาที โดยหยุดพักเครื่องเซนตริฟิวส์ทุก 3 ชั่วโมง 34 นาที เพื่อล้างตะกอนที่แบ่งที่ไปอุดตันเครื่องเซนตริฟิวส์ ใช้เวลาในการล้าง 1 ชั่วโมง ดังนั้นเวลารวมตลอดกระบวนการ คือ 13 ชั่วโมง 14 นาที ได้น้ำยางข้นทั้งหมด 556.4 กิโลกรัม แต่โรงงานมีเครื่องเซนตริฟิวส์ 20 เครื่อง จึงได้น้ำยางข้นทั้งหมด 11128 กิโลกรัม หรือ 11 ตัน 128 กิโลกรัม อัตราการเกิดผลิตภัณฑ์ คือ 0.7 กิโลกรัมต่อนาทีต่อเซนตริฟิวส์ 1 เครื่อง



จากการทดลองในระดับแลปสเกลจะได้ดังรูป



ต้องการเหลือแมกนีเซียมประมาณ 200 ppm ก่อนเข้าเครื่อง centrifuge

จากตาราง ข 33 พบว่าต้องใช้ปริมาตรไดอะฟิลเตรชันประมาณ 4 ปริมาตรไดอะฟิลเตรชัน และใช้เวลาในการทำไดอะฟิลเตรชัน 5 นาที

$$\text{Flux ที่ได้คือ } 2083 \frac{L}{m^2 \cdot h} \times 5 \text{ min} \times \frac{1h}{60 \text{ min}} \times 1.44 \times 10^{-3} m^2 = 0.24 L$$

เริ่มต้นน้ำยางสด 2 L ได้ flux 0.24 L

$$\text{เริ่มต้นน้ำยางสด } 1248 \text{ Kg} = \frac{1248 \text{ Kg}}{980 \frac{\text{Kg}}{m^3}} = 1273.5 L \text{ ได้ flux } \frac{1273.5 \times 0.24}{2} = 152.8 L$$

$$\text{แต่ flux ต้องได้ } 2083 \frac{L}{m^2 \cdot h}$$

$$\text{ดังนั้น } 2083 \frac{L}{m^2 \cdot h} = \frac{152.8 L}{0.083 h(X)} : X \text{ คือ พื้นที่ตัวกรอง (m}^2\text{),}$$

$$\text{เวลาในการทำไดอะฟิลเตรชันคือ 5 นาที} = 0.083 h$$

จากสมการจะได้พื้นที่ตัวกรองที่ใช้ คือ $0.88 m^2$

$$\text{ดังนั้นพื้นที่ตัวกรองเพิ่มขึ้น } \frac{0.88 m^2}{1.44 \times 10^{-3} m^2} = 611 \text{ เท่า}$$

อัตราการไหลของสายป้อนคือ $36 L/h \times 611 = 21996 L/hr = 366.6 L/min$

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า

วิธีที่ 3 น้ำยางสดถูกส่งเข้าบ่อพักน้ำยางสด ไหลผ่านเข้าเครื่องกรองชนิดเยื่อแผ่นหมุนได้ซึ่งมี

พื้นที่ตัวกรอง 0.88 ตารางเมตร โดยใช้กระบวนการไดอะฟิลเตรชัน ด้วยอัตราการไหลของสายป้อน 366.6 ลิตรต่อนาที ความเร็วรอบเยื่อแผ่นเท่ากับ 1200 รอบต่อนาที ความดันคร่อมเยื่อแผ่น 0.3

บาร์ แล้วเข้าเครื่องเซนตริฟิวส์ ด้วยอัตราการไหลของสายป้อน 5.2 กิโลกรัม/นาที

ดังนั้นเวลารวมตลอดกระบวนการ คือ 4 ชั่วโมง 5 นาที ได้น้ำยางข้น 312 กิโลกรัม

อัตราการเกิดผลิตภัณฑ์ คือ 1.27 กิโลกรัมต่อนาทีต่อเซนตริฟิวส์ 1 เครื่อง

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างการคำนวณ

ส่วนที่ 1 การใช้สารเคมี DAHP ในการตกตะกอนแมกนีเซียม

ตัวกวนแบบใหม่(High efficiency impeller) ที่ความเร็วรอบ 50 rpm เวลา 40 นาที
กำหนดให้

หาปริมาณแมกนีเซียมเริ่มต้น

กำหนดให้ น้ำยาสดมี %TSC เริ่มต้น 31.54 %

ความเข้มข้นของสารละลาย EDTA (N) = 0.0049 mol/L

ปริมาตรของสารละลาย EDTA ที่ใช้ (V) = 5 ml

น้ำหนักน้ำยาดตัวอย่าง (W) = 3.19 g

จากภาคผนวก ก สมการที่ (3)

$$\text{ปริมาณของ } \text{Mg}^{2+} \text{ ต่อ น้ำหนักของ TSC (ppm)} = \frac{(N \times V) \times 24.31 \times 100,000}{W \times (\%TSC)}$$

แทนค่าในสมการจะได้

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณของ } \text{Mg}^{2+} \text{ เริ่มต้น} &= \frac{(0.0049 \times 5) \times 24.31 \times 100,000}{3.19 \times 31.54} \\ &= 591.97 \text{ ppm} \end{aligned}$$

หาปริมาณ DAHP ที่เติม

จากภาคผนวก ก สมการที่ (4)

$$\text{ปริมาณ DAHP ที่เติม} = 0.02716 \times (X - 170) \times W_T$$

X = ปริมาณของ Mg^{2+} เริ่มต้น

W_T = น้ำหนักน้ำยาสดที่ใช้ (ตัน) กำหนดให้ 0.012 ตัน

แทนค่าในสมการจะได้

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณ DAHP ที่เติม} &= 0.02716 \times (591.97 - 170) \times 0.012 \\ &= 0.1375 \text{ Kg} \end{aligned}$$

หาปริมาณแมกนีเซียมที่เหลืออยู่

ที่ความเร็วรอบ 50 rpm เวลา 40 นาที

จากการไตเตรทหาจุดยุติต้องใช้สารละลาย EDTA = 0.3 ml

น้ำหนักน้ำยาดตัวอย่าง (W) = 3.34 g

จากภาคผนวก ก สมการที่ (3)

$$\text{ปริมาณของ } \text{Mg}^{2+} \text{ ที่เหลืออยู่} = \frac{(0.0049 \times 0.3) \times 24.31 \times 100,000}{3.34 \times 31.54}$$

$$= 33.92 \text{ ppm}$$

หาปริมาณสลัดจ์ที่เกิดขึ้น

จากภาคผนวก ก สมการที่ (5)

$$\text{ปริมาณสลัดจ์(ppm)} = (\text{น้ำหนักสลัดจ์ที่อบแห้งแล้ว} / \text{น้ำหนักน้ำยาล้างตัวอย่าง}) \times 1000000$$

$$\text{น้ำหนักสลัดจ์ที่อบแห้งแล้ว} = 0.2308 \text{ g}$$

$$\text{น้ำหนักน้ำยาล้างตัวอย่าง} = 50.72 \text{ g}$$

แทนค่า จะได้

$$\text{ปริมาณสลัดจ์(ppm)} = (0.2308 / 50.72) \times 1000000$$

$$= 4,550.47 \text{ ppm}$$

ส่วนที่ 2 การใช้กระบวนการไดอะฟิลเตรชันร่วมกับการกรองชนิดเยื่อแผ่นหมุนได้

ที่ภาวะการกรอง ที่ความเร็วรอบเยื่อแผ่น 1200 รอบต่อนาที ความดันคร่อมเยื่อแผ่น 0.3 บาร์ อัตราการไหลของสายป้อน 36 ลิตรต่อชั่วโมง และระยะห่างระหว่างผิวหน้าของเยื่อแผ่นกับผนังด้านในของทรงกระบอกชั้นนอก 0.008 เมตร กำหนดให้

ความหนืดของน้ำยาล้าง	=12	เซนติพอยส์
ความหนาแน่นของน้ำยาล้าง	=980	กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
รัศมีของเยื่อแผ่น(R_1)	=0.026	เมตร
รัศมีของทรงกระบอกชั้นนอก(R_2)	=0.034	เมตร
ระยะห่างระหว่างผิวหน้าของเยื่อแผ่นกับผนังด้านในของทรงกระบอกชั้นนอก(d)= $R_2 - R_1$	=0.008	เมตร
ความเร็วรอบเยื่อแผ่น(N)	=1200	รอบต่อนาที
อัตราการไหลของสายป้อน(Q)	=36	ลิตรต่อชั่วโมง
พื้นที่การกรอง(A)	= 1.44×10^{-3}	ตารางเมตร

2. ค่าความต้านทาน จากสมการ

$$J = \frac{\Delta P_{TM}}{\mu R_t}$$

$$R_t = R_m + R_c + R_i$$

ความดันคร่อมเยื่อแผ่น	= 0.3	บาร์
ความหนืดของน้ำ 1 เซนติพอยส์	= 1×10^{-3}	กิโลกรัม/เมตร.วินาที
เพอร์มิเอชันฟลักซ์ก่อนขุดเค็ก(R_t)	= 833.33	ลิตร/ตารางเมตร.ชั่วโมง
เพอร์มิเอชันฟลักซ์หลังขุดเค็ก(R_{mi})	= 1666.67	ลิตร/ตารางเมตร.ชั่วโมง

แทนค่าที่กำหนดให้ตามสมการ

$$R_t = \frac{\Delta P_{TM}}{\mu J}$$

$$R_t = \frac{0.3 \times 10^5 \times 1000 \times 3600}{833.33 \times 1 \times 10^{-3}}$$

$$R_t = 1.3 \times 10^{11} \quad 1/m$$

$$R_{mi} = \frac{\Delta P_{TM}}{\mu J}$$

$$R_{mi} = \frac{0.3 \times 10^5 \times 1000 \times 3600}{1666.67 \times 1 \times 10^{-3}}$$

$$R_{mi} = 0.65 \times 10^{11} \quad 1/m$$

$$\text{โดย } R_{mi} = R_m + R_i$$

$$(R_m = 0.12 \times 10^{11} \quad 1/m)$$

$$R_i = R_{mi} - R_m$$

$$R_i = 0.65 \times 10^{11} - 0.12 \times 10^{11}$$

$$R_i = 0.53 \times 10^{11} \text{ 1/m}$$

จากสมการ

$$R_t = R_m + R_c + R_i$$

$$R_c = 0.65 \times 10^{11} \text{ 1/m}$$

สามารถสรุปได้ว่า

$$R_t = 1.3 \times 10^{11} \text{ 1/m}$$

$$R_m = 0.12 \times 10^{11} \text{ 1/m}$$

$$R_c = 0.65 \times 10^{11} \text{ 1/m}$$

$$R_i = 0.53 \times 10^{11} \text{ 1/m}$$

ภาคผนวก จ

บทความที่ได้รับการตีพิมพ์

International conference

Arnop Meesupree, Lim Chin Hock and Chirakarn Muangnapoh, "Sludge Formation and Removal in Concentrated Latex Industry", 16 th Asean Regional Symposium on Chemical Engineering, December 1-2, 2009 Manila Hotel, Manila, Philippines.

PROCEEDINGS

16th ASEAN Regional Symposium on Chemical Engineering

“Chemical Engineering at the
forefront of Global Challenges”

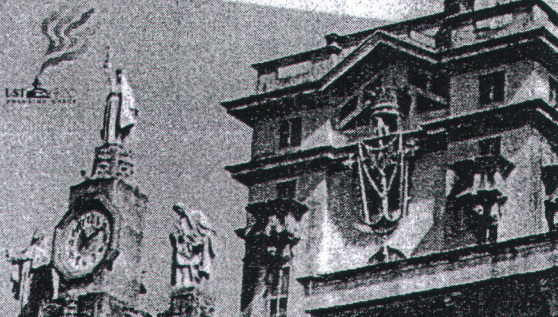
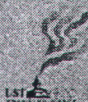
December 1-2, 2009
Manila Hotel
Manila, Philippines

Organized by:



Pontifical and Royal
UNIVERSITY OF SANTO TOMAS
The Catholic University of the Philippines

In cooperation with:



Sludge Formation and Removal in Concentrated Latex Industry

Arnop Meesupree^{1*}, Lim Chin Hock² and Chirakarn Muangnapoh¹

¹Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand ²Thai Rubber Latex Corporation (Thailand) Public Company Limited 29 Moo 2 Banbung-Klang Road, Nongyai District, Chonburi 20190

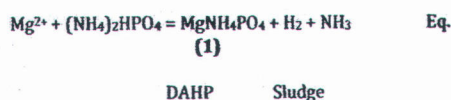
*E-mail: nueng_engineer@hotmail.com

ABSTRACT: Fresh natural rubber is major raw material of concentrating process of natural rubber latex by centrifugation. High magnesium content in fresh natural rubber has an impact to the quality of concentrated latex. Therefore, it is necessary to remove some amount of magnesium from fresh natural rubber by reacting with Diammonium hydrogen phosphate (DAHP) resulting in sludge formation. The aim of this research is to investigate the suitable condition of DAHP consumption and sludge formation. On the other hand, this should improve energy consumption of centrifuge in sludge removal process. In this study, high-efficiency impeller regarding to both axial and radial mixing has been carried out in 12 kilograms of fresh natural rubber in a rectangular model mixing tank. Firstly, two parameters; impeller speeds (30, 40, 50 and 60 rpm) and mixing times (5, 10, 20, 30 and 40 minute) were investigated. The experimental results show that low residual magnesium concentration in fresh rubber was observed at high impeller speed. At each mixing speed, the more mixing time was proceeded the less residual magnesium concentration in fresh rubber was also observed. Moreover, we found that the stability of rubber particle is still good at the whole range of the experiments. In conclusion, at 50 rpm and 40 minute gave the lowest residual magnesium concentration (35 ppm) comparing to the factory did (120 ppm) in non-well mixed rectangular tank. It can be concluded that a half of DAHP consumption could be reduced in order to maintain magnesium concentration at 120 ppm (factory specification). Moreover, higher speed promotes bigger sludge size which leads to increase two times centrifuge efficiency.

Keywords: natural rubber, magnesium removal, DAHP, sludge, rubber latex

INTRODUCTION

Natural rubber (NR) produced from rubber tree *Hevea Brasiliensis* is one of the major exportation product of Thailand (Blackley et al., 1997). Fresh natural rubber latex composes of 30-40% rubber fraction and non-rubber content called serum such as protein, mineral ions and water (Kovutikulrangsie, S., 2004). Mineral ions such as high magnesium content in fresh natural rubber has an impact to the quality of concentrated latex, therefore, in the first stage, it is necessary to remove some amount of magnesium from fresh natural rubber by reacting with Diammonium hydrogen phosphate (DAHP) resulting in sludge formation. The reaction between magnesium ions and DAHP solution as shown in Eq. (1) is taken place in rectangular pond. After sludge sedimentation in the pond, the concentrated latex is traditionally produced using centrifuge.



Huge energy and washing water consumption in centrifugal operation due to the frequently sludge clogging is challenged to solve this problems (Thai Rubber Latex Corporation (Thailand) Public Company Limited). From mass balance around centrifuge, we found that sludge formation is prolonged in centrifuge due to the incomplete reaction of DAHP in the non-well mixing pond. Therefore, high-efficiency impeller regarding to both axial and radial mixing has been carried out in order to improve the mixing capability.

The aim of this work is to study the effect of mixing speeds and times on sludge formation using Diammonium hydrogen phosphate (DAHP). On the other hand, this should improve energy consumption of centrifuge in sludge removal process.

MATERIALS AND METHODS

Materials

Batch Reactor Apparatus

A Rectangular shape mixing type reactor with length, width and depth of 40, 28 and 17 cm, respectively was used in this study. The impeller for mixing and cover including the holes for fresh natural rubber sampling are installed at the top. In this study, high-efficiency impeller regarding to both axial and radial mixing has been used. Figure 1. shows the batch reactor apparatus.

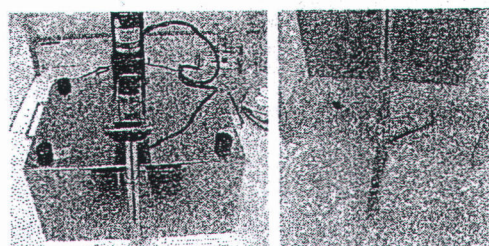


Figure 1. Batch Reactor Apparatus

Fresh natural rubber was kindly obtained from Thai Rubber Latex Corporation (THAILAND) PCL. All chemicals such as Diammonium hydrogenphosphate (DAHP), ammonia solution, ethanol, magnesium sulfate ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) commercial grade were purchased from Aldrich.

Methods

12 kilograms of fresh natural rubber was carried out in the rectangular model mixing tank at the room temperature. After that an amount of DAHP calculated from Eq. (2) was added into the tank.

$$\text{Amount of DAHP} = 0.02716 \times (X - 170) \times W_T \quad (2)$$

where:

X is amount of initial magnesium per initial TSC (total solid content) (ppm)

W_T is weight of total fresh natural rubber used (kg)

The mixture was stirred at the impeller speed of 30, 40, 50 and 60 rpm. The samples were drawn out at three different positions in order to determine the uniformity of residual magnesium concentration in the pond. Consequently, all taken samples were analyzed for residual magnesium concentration Eq. (3) and formed sludge Eq. (4) at the mixing times of 5, 10, 20, 30 and 40 minute, respectively. The stability of rubber particle was also determined.

$$\text{Magnesium concentration (ppm)} = \frac{(N \times V) \times 24.31 \times 100,000}{W \times (\%TSC)} \quad (3)$$

where:

N is concentration of EDTA (mol/l); V is volume of EDTA used (ml); W is weight of the sample (g); %TSC is percent by mass of Total solid content in fresh natural rubber

$$\text{Sludge concentration (ppm)} = (\text{weight of dry sludge} / \text{weight of the sample}) \times 1,000,000 \quad (4)$$

Particle size of sludge is measured using LS Particle Size Analyzer (The Beckman Coulter LS 13 320 Series).

RESULTS AND DISCUSSION

Effect of mixing speed and mixing time on residual magnesium and sludge concentration

The experimental results show the residual magnesium concentration (Figure 2.) and sludge concentration (Figure 3.) in fresh rubber at impeller speed 30, 40, 50 and 60 rpm when mixing times was proceeded. At each of mixing times and mixing speeds, the distribution of the residual magnesium concentration at the first and the third positions (tank curb) are higher than the magnesium concentration on the second position (the middle of the tank) owing to the use of non-well mixed rectangular tank (factory type) (data not shown). In addition, low residual magnesium concentration (Sastry, C.A., et al., 2000) in fresh rubber was observed at high impeller speed. At each mixing speed, the more mixing time was proceeded the less residual magnesium concentration in fresh rubber was also observed. Regarding to the sludge formation at each mixing speed during the reaction proceeded, it was found that the highest sludge concentration is at 50 rpm. It is in line with the result of the lowest residual magnesium concentration at 50 rpm.

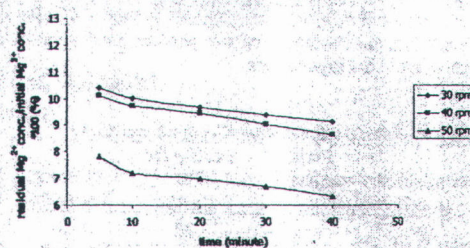


Figure 2. Effect of mixing speeds and mixing times on ratio of Mg^{2+} to Mg^{2+}

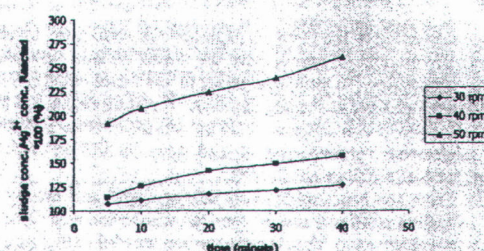


Figure 3. Effect of mixing speeds and mixing times on ratio of Ca^{2+} to Ca^{2+} , reacted

Effect of mixing time and mixing speed on sludge particle size

The particle sizes of sludge were analyzed to support the formation of sludge at different times and speeds. Table 1 and Table 2 illustrate the bigger sludge particle size was observed whereas times and speeds were increased. To compare the sludge formation from fresh natural rubber and magnesium solution, it is interestingly finding that rubber colloid particle might adhere to the sludge to form bigger size. These finding will lead to modify the method of sludge removal in the future.

Table 1. Effects of mixing times on sludge particle size at 30 rpm

time(min)	mean particle size(micron)
5	1.778
20	5.319
40	10.39

Table 2. Effects of mixing speeds on sludge particle size at 40 minute

mixing speed(rpm)	mean of the particle size(micron)
30	10.39
50	11.62
50(control)*	10.45

* magnesium solution

Moreover, it is necessary to investigate the stability of fresh natural rubber at different mixing speeds. As shown in Table 3, it is found that the stability of rubber particle is still good at the whole range of the experiments.

Table 3. Mechanical stability time of fresh natural rubber

Mixing speed (rpm)	Initial stability(m in)	Stability for 8 hr (min)	Different time(min)
30	1.46	1.28	0.18
40	1.35	1.09	0.26
50	1.48	1.18	0.30
60	1.46	1.02	0.44

Regarding to the previous experimental results, the condition at 50 rpm and 40 minute gave the lowest residual magnesium concentration (35 ppm) comparing to the factory did (120 ppm) in non-well mixed rectangular tank. It can be concluded that a half of DAHP consumption could be reduced in order to maintain magnesium concentration at 120 ppm (according to factory specification) (data not shown).

From the best condition of mixing speed and mixing time operation at 40 min and 50 rpm, the suspension was allowed to settle in the pond. Then the top portion was fed to the centrifuge in order to study the energy consumption. The result shows that energy consumption at new condition gave energy consumption two times less than the factory did.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

From the experimental results, it can be concluded and recommended as follows:

1. The residual magnesium concentration in the solution decreased when the time and mixing speed were increased.
2. In case of sludge formation, the increasing of time and mixing speed promote the higher sludge concentration with bigger particle size. The suitable condition was at 50 rpm and 40 minute which gave lower residual

magnesium concentration (35 ppm) than the factory did (120 ppm). A half of DAHP consumption could be reduced in order to maintain magnesium concentration at 120 ppm (factory specification). Moreover, the higher speed promotes bigger sludge size which leads to increase two times centrifuge efficiency.

3. The factory method of sludge removal should be modified i.e. by using filtration process. However, one should be careful on the viscosity and stability of fresh natural rubber.

ACKNOWLEDGEMENTS

Special thanks for Mr. Montri Jirathamawong, Factory manager (Thai Rubber Latex Corporation (Thailand) Public Company Limited.) for the supply of skim latex as raw material. This work was financially supported by the Thailand Research Fund Master Research Grants (TRF-MAG) under grant number MRG-OSMEP505E017.

REFERENCES

- Blackley, D.C. (1997). Polymer latexes: Science and technology. (2nd Ed.). New York: Chapman & Hall.
- Kovutikulrangsie, S. (2004). Natural Rubber Productions, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University.
- Sastry, CA., Agamuthu P and Subbiah RM., Remove of zinc from rubber thread manufacturing industry wastewater using chemical precipitant/flocculant. Environmental Progress (Vol.19, No.4), winter 2000, Kuala Lumpur, Malaysia, 299-304.
- Thai Rubber Latex Corporation (Thailand) Public Company Limited. Manual of Natural Rubber and Sludge formation.
- <http://www.jennetech.com/elements-and-water/magnesium-and-water.htm>
- <http://www.thaltextgroup.com>
- <http://blog.tourismthailand.org/EugeneTang/?p=3493>



Mr. Arnop Meesupree was born on 20 October, 1985. Now he is Master student at Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายอานพ มีสุปรีย์ เกิดวันที่ 20 ตุลาคม 2528 จังหวัดสงขลา ศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายที่โรงเรียนมหาวชิราวุธจังหวัดสงขลา สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในปีการศึกษา 2550 และศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2551



