

## รายการอ้างอิง

- [1] สมาคมแป้งมันสำปะหลังไทย. การประยุกต์ใช้แป้งมัน [ออนไลน์]. 2553. แหล่งที่มา :  
[http:// www.thaitapiocastarch.org](http://www.thaitapiocastarch.org) [2010, Dec 30]
- [2] William, E.S. and James, C. A. and Stanley, T. Properties of Paper: An Introduction.  
2nd edition : TAPPI press,1995.
- [3] Jerome, M.G. and Pual H. W. Troubleshooting the Papermaking Process. Atlanta USA:  
TAPPI press, 2001.
- [4] Tapioca Development Corp.,Ltd. Starch in Size Press Application. Bangkok, Jun 2000.
- [5] Smook, G.A. Handbook for pulp&paper technologists. 2<sup>nd</sup> Edition. Angus Wilde Publications,  
1992.
- [6] ประสงค์ จริยโชติเลิศ. Introduction to paper makimg. Technology Information and Training  
Center of SCG Paper, Feb 2006.
- [7] Robert, L. and Kearney and Hans W. M. Starch and Starch Products in Paper Coating.  
TAPPI press,1990.
- [8] Haken, K. Fibre Guide : Fibre analysis and process applications in the pulp and paper  
industry. Lorentzen&Wettre, 2006.
- [9] กล้านรงค์ ศิริรอด และ กุลฤดี แสงสีทอง. แป้ง: องค์ประกอบสำคัญในการผลิตกระดาษ. สมาคมแป้ง  
มันสำปะหลังไทย, ก.ค. 2009.
- [10] บริษัท ผลิตภัณฑ์กระดาษไทย จำกัด. การผลิตกระดาษ [ออนไลน์]. 2553. แหล่งที่มา:  
[http:// www.thaipaper.com](http://www.thaipaper.com) [2010, Dec 30]
- [11] Brander, J. and Thorn, L. Surface Application of Paper Chemicals. London: Blackie  
Academic&Professional, 2000.
- [12] Konsoula, Z. and Kyriakides, M.L. Starch hydrolysis by the action of an entrapped in  
alginate capsules  $\alpha$ -amylase from *Bacillus subtilis*. Process Biochemistry (2005) :  
236-240 .
- [13] O'Brien, S. and Wang, Y.J. Susceptibility of annealed starches to hydrolysis by  $\alpha$ -amylase  
and glucoamylase. Carbohydrate Polymers 72 (2008) : 597-607.
- [14] Shariffa, Y.N., Karim, A.A., Fazilah, A. and Zaidul, I.S.M. Enzymeatic hydrolysis of granular  
— native and mildly heat-treated tapioca and sweet potato starches at sub-  
gelatinization temperature. Food Hydrocolloid 42 (2009): 1426-1433.

- [15] Khatoon, S., Sreerama, Y.N., Raghavendra, D. and Bhattacharya S. Properties of enzyme modified corn, rice and tapioca starch. Food Research International (2009).
- [16] Zhang, T. and Oates, C. Relationship between  $\alpha$ -amylase degradation and physico-chemical properties of sweet potato starches. Food Chemistry 65 (1999): 157-163.
- [17] Gunaratne, A. and Hoover, R. Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of tuber and root starches. Carbohydrate Polymers 49 (2002) : 425-437.
- [18] Jobling, S. Improving starch for food and industrial applications. CurrentOpinion in Plant Biology 7 (2004) : 210-218.
- [19] มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี. บทที่ 3 การประยุกต์ใช้แป้งในอุตสาหกรรม [ออนไลน์]. 2553. แหล่งที่มา [http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/Chap3/-chapter3\\_2.html](http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/Chap3/-chapter3_2.html) [2010, Dec 30]
- [20] สุนีย์ โชตินิรนาท, รังสิมา ชลคุป และ ก้านรงค์ ศรีรอด. จลนพลศาสตร์และผลิตภัณฑ์ของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสในการย่อยแป้งมันสำปะหลัง. Cassava and starch technology research unit, KAPI, Kasetsart University. (1996)
- [21] Gallaher et al. Starch Conversion. United States Patent (Sep 1990) : 4,957,563.
- [22] Anthony, C.D., Pages, G., Gilbert, R.G. and Kuchel, P.W. Digestion of starch : In vivo and in vitro kinetic models used to characterize oligosaccharide or glucose release. Carbohydrate Polymers 80 (2010) : 599-617.
- [23] พักตร์ประไพ ประจำเมือง และ วิชัย ลีลาวัชรมาศ. เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยแป้ง. วารสารศูนย์บริการวิชาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีที่ 11 ฉบับที่ 4 (ตุลาคม-ธันวาคม 2546) : 28-31.
- [24] Vieira, F.C. and Sarmiento, S.B.S. Heat-moisture treatment and enzymatic digestibility Peruvian carrot, sweet potato and ginger starches. Starch/Starke 60 (2008) : 223-232.
- [25] Atsuo K. and Robyt J.F. Reaction of enzymes with starch granules kinetics and products of the reaction with glucoamylase. Carbohydrate Research 277 (1995): 87-107.
- [26] Marc J.E.C. van der Maarel. Properties and applications of starch-converting enzymes of the  $\alpha$ -amylase family. Journal of Biotechnology 94 (2002):137-155.
- [27] Emsland-Starke GmbH. Starch Developments for the Surface treatment of Paper [ออนไลน์]. 2553. ที่มา <http://www.agfdt.de/loads/st04/wollabb.pdf> [ 2010, Sep 10]

ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก

## คุณสมบัติของกระดาษที่นำมาใช้ในการทดลอง และมาตรฐานในการทดสอบ

ตารางแสดงคุณสมบัติของกระดาษที่นำมาใช้ในการทดลอง

คุณสมบัติ		หน่วย	ค่ากำหนด
Basis weight		gsm	97-101
Thickness		mm	0.12-0.14
Tensile	MD	Kg/15 mm	3.9-6.5
	CD	Kg/15 mm	3.1-5.3
Tear	MD	g	40-72
	CD	g	48-76
Cobb	wire	gsm	24-32
	felt	gsm	23-30
Wax pick		A	Min 5
IGT		m/s	30

หมายเหตุ : Basis weight คือ ค่าน้ำหนักของกระดาษต่อ 1 ตารางเมตร

: Thickness คือ ค่าความหนากระดาษ

: Tensile คือ ค่าแรงดึงที่ทำให้กระดาษขาด

: Tear คือ ค่าแรงฉีกที่ทำให้กระดาษขาด

: Cobb คือ ค่าความต้านทานน้ำของกระดาษ

: Wax Pick คือ ค่าแสดงความของแข็งแรงของผิวหน้ากระดาษ

: IGT คือ ค่าแสดงความแข็งแรงของผิวหน้ากระดาษทดสอบโดยการพิมพ์

: MD คือ ทิศทางของกระดาษตามแนวการเดินเครื่อง

: CD คือ ทิศทางของกระดาษตามแนวขวางการเดินเครื่อง

: A คือ เบอร์ของขี้ผึ้งที่ใช้ในการทดสอบ

## ตารางแสดงมาตรฐานในการทดสอบกระดาษ

คุณสมบัติ	มาตรฐานการทดสอบ
Basis Weight	ISO 536
Thickness	ISO 534
Tensile	ISO 1924
Tear	ISO 1974
Cobb	ISO 535
Wax Pick	ISO 459
IGT	ISO 3782

## ภาคผนวก ข

### วิธีการฉาบผิวกระดาษ

การฉาบผิวหน้ากระดาษด้วยน้ำแป้งสุก โดยใช้เครื่อง K.Control Coater สามารถอธิบายวิธีการทำงานได้ดังนี้

#### วิธีการฉาบผิวหน้ากระดาษ

1. เสียบปลั๊ก กดสวิทช์สีแดงที่ด้านข้างเครื่องเคลือบ
2. นำ Rod Std ที่ห่อหุ้มด้วยพลาสติกไว้ มาปรับปุ่มแรงกดซ้ายขวา โดยการเริ่มต้นหมุนน็อตที่ปุ่มด้านซ้ายขวาที่รอบ การหมุนเท่าๆกัน ชั้นน็อตให้แน่น เอา Rod Std ออก ห่อหุ้มด้วยพลาสติกตามเดิม
3. นำกระดาษเบสมาวางบนพลาสติกกรองเคลือบ ใช้ตัวหนีบยึดกระดาษไว้
4. เลือก Rod และความเร็วในการเคลือบ ตาม Coat Weight ที่ต้องการ และ % Solid ของน้ำยาเคลือบนั้นๆ (เนื่องจากเบอร์ของ Rod จะเป็นการบอกถึง Wet Film Thickness)  
Coated Weight 2 - 3 gsm. ใช้ Rod เบอร์ 6 M ความเร็วในการเคลือบ เบอร์ 2
5. ใส่ Rod ที่เลือกแล้ว ทับบนกระดาษเบส ใช้ตัวล็อกวางกดลงบน Rod
6. เทน้ำยาเคลือบลงบนเบส ให้ชิดด้านหน้าตัว Rod เทเป็นแนวยาวให้สม่ำเสมอตลอดตัว Rod
7. ปิดสวิทช์ด้านหน้าเครื่องจากจุด STOP มาทางขวามือที่จุด FWD. เครื่องจะลาก Rod ปาดน้ำยาที่เทไว้จากด้านบน สู่ด้านล่างกระดาษเบส จากนั้นปิดสวิทช์กลับมาที่จุด STOP ดังเดิม
8. นำกระดาษที่เคลือบเข้าตู้อบอุณหภูมิ 105 องศา นาน 1 นาที
9. ยกตัวล็อกออกจาก Rod นำ Rod ออกมาล้างทำความสะอาดด้วยฟองน้ำ ห้ามใช้สก๊อตไบร์ทขัดถูตัว Rod จะทำให้ เส้นลวดที่ตัว Rod สึกได้ หลังจากนั้นนำมาเช็ดให้แห้ง
10. ปิดสวิทช์ด้านหน้าเครื่องกลับมาทางซ้ายมือที่จุด REV. ตำแหน่งที่ใส่ Rod จะหมุนย้อนกลับมาที่จุดเริ่มต้นก่อนเคลือบ
11. ปิดสวิทช์ด้านหน้าเครื่องคืนกลับมาทางขวามือที่จุด STOP เส้นสีขาวยังอยู่ในตำแหน่งตรง
12. ต้องการเคลือบแผ่นต่อไป ให้ทำซ้ำตามข้อ 5 - 10

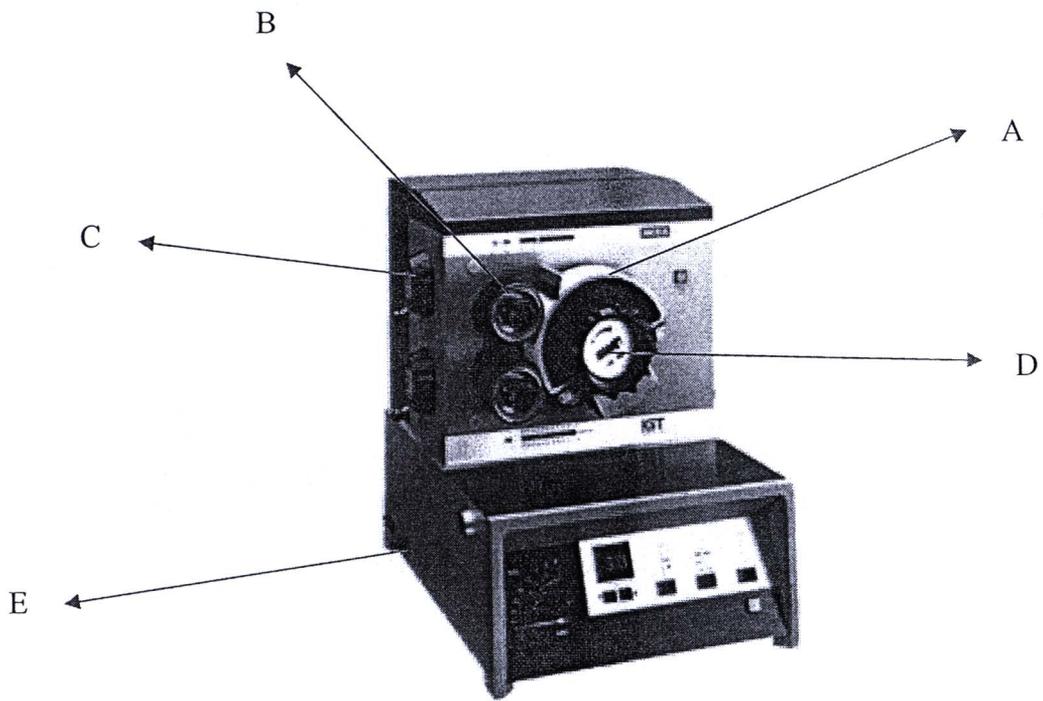
## ภาคผนวก ค

### วิธีการทดสอบผิวหน้ากระดาษด้วยวิธี IGT (Dry Pick)

การทดสอบผิวหน้ากระดาษด้วยวิธี IGT เป็นการทดสอบความแข็งแรงของผิวหน้ากระดาษ ว่าสามารถรับแรงดึงจากหมึกที่มีความเหนียวได้ที่ความเร็วเท่าไร โดยมีวิธีการ ดังนี้

#### วิธีการทดสอบ

1. ตัดตัวอย่างขนาด 1" X 12" ใส่ลงในที่ใส่กระดาษของเครื่อง IGT - A2 (A) โดยพยายามให้กระดาษตั้งเรียบตลอดหน้า
  2. เติมหั้มักลงในหลอดใส่หมึก 2 CC.
  3. เสียบปลั๊ก ใส่ลูกยาง ล็อคให้แน่น เลื่อนปุ่มกดลูกยางลงมาให้แนบกับลูกกลิ้งเหล็ก
  4. บีบหมึกที่เตรียมไว้ลงในลูกกลิ้งยาง 1 CC ใช้เวลาเกลี่ยหมึก 15 นาที ที่ชุดรับหมึก นำลูกกลิ้งรับหมึกอันเล็ก (RRINTING DISE) ลงมารับหมึกนาน 30 วินาที
  5. ปรับตั้งเครื่อง IGT - A2 ที่ตำแหน่ง M. ปรับปุ่ม (M.) และน้ำหนักแรงกดที่ 30 Kg/cm<sup>2</sup> ด้วยแกนหมุน (N)
  6. นำลูกกลิ้งรับหมึกจากชุดรับหมึก มาใส่ที่เครื่อง IGT- A2 ที่ตำแหน่ง (B) ซึ่งติดตัวอย่างกระดาษเรียบร้อยแล้ว
  7. โยกคันโยกของเครื่อง IGT - A2 (C) เข้าหาตัวเพื่อนำให้กระดาษตัวอย่างที่ติดไว้เลื่อนเข้ามาหาลูกกลิ้งรับหมึก
  8. หมุนปุ่มด้านหน้าของเครื่อง IGT - A2 (D) ไปทางด้านซ้ายมือเพื่อให้ลูกกลิ้งรับหมึกแตะกับกระดาษตัวอย่างพอดี
  9. ผลักปุ่มด้านบนของเครื่อง IGT - A2 ไปด้านหลัง เครื่องจะทำงานโดยที่ติดตัวอย่างกระดาษจะเหวี่ยง และลูกกลิ้งรับหมึกจะหมุนไปด้วย หมึกจากลูกกลิ้งจะติดไปกับกระดาษ และผิวหน้ากระดาษจะหลุดถอนให้เห็น
  10. นำกระดาษออกมาส่องในกล้องไฟ เพื่อวัดระยะห่าง จากจุดที่กระดาษเริ่มรับหมึก ถึงจุดที่ผิวหน้ากระดาษถอนยาวกว่า 1 ซม. จากนั้นนำค่าที่ได้มาเทียบกับตารางมาตรฐานค่าที่ออกมาเป็น cm/sec
  11. ทำตัวอย่างต่อไปให้ใส่หมึก 0.07 cc. ใช้เวลาเกลี่ยหมึก 45 วินาที แล้วทำตามข้อ 4 -9
- หมายเหตุ : โดยปกติเครื่อง IGT - A2 เวลาใช้งานจะใช้แรงกดที่ 30 kg./cm.<sup>2</sup> ใช้แรงเหวี่ยงที่เบอร์ M



A = ที่ใส่กระดาษ IGT - A2

B = ที่ใส่ลูกกลิ้งรับหมึกจาก IGT - AE

C = คันโยกเพื่อให้กระดาษเข้าหาลูกกลิ้งรับหมึก IGT - A2

D = ปุ่มนำลูกกลิ้งให้แตะกระดาษ IGT - A2

E = ปุ่มการทำงานของเครื่อง IGT - A2

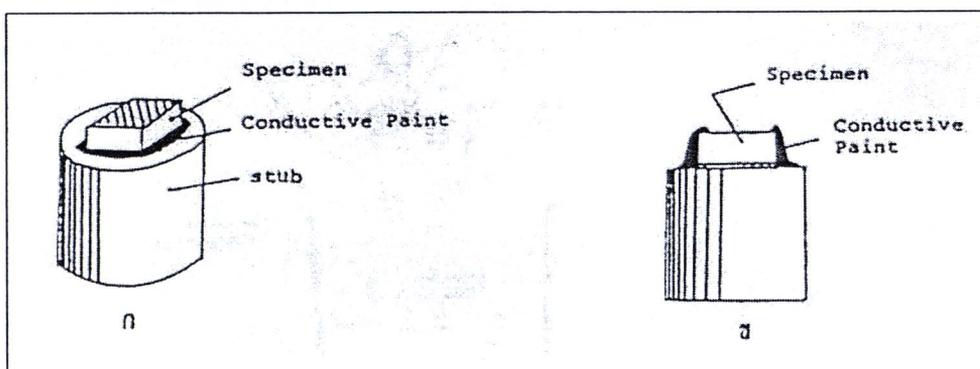
## ภาคผนวก ง

### วิธีการเตรียมตัวอย่างและการถ่ายภาพด้วย SEM

ตัวอย่างที่ทำการทดลองมีลักษณะเป็นพอลิเมอร์ การเตรียมตัวอย่างและวิธีการถ่ายภาพสามารถอธิบายได้ดังนี้

วิธีการเตรียมตัวอย่างสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

- ก. การเตรียมโดยไม่ได้ Disperse
- ข. การเตรียมโดย Disperse ใน Methanol



#### วิธีการเตรียมตัวอย่างและวิธีทดลอง

1. ตัดตัวอย่างที่เราสนใจให้มีขนาดเท่ากับ Stub ติดตัวอย่าง ด้านที่เราไม่ต้องการศึกษาจะถูกติดกาวหรือเทปกาว 2 หน้าตามความเหมาะสม กรณีที่ต้องการศึกษาโครงสร้างภายในให้หักตัวอย่างให้แตกเสียก่อน
2. เป่าทำความสะอาดตัวอย่างด้วยลูกยาง
3. นำไปฉาบผิวด้วยทองคำ
4. นำไปเข้าเครื่อง SEM ปรับกำลังขยายตามความต้องการ

## ภาคผนวก จ

### วิธีวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing Sugar)

ในงานวิจัยนี้จะทำการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ได้ประยุกต์ใช้วิธีของ Dinitrosalicylic Acid Method (DNS) โดยวิธีและการเตรียมสารเคมีสามารถอธิบายได้ดังนี้

#### สารเคมี

1. เตรียม DND Reagent โดยละลาย 1.6 กรัม NaOH ในน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร
2. ค่อยๆเติม 3,5-dinitrosalicylic acid 1 กรัม ลงไป และคนให้ละลายจนหมด
3. เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร
4. เติม sodium potassium tartrate 30 กรัม
5. ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร
6. เก็บ DNS Reagent ไว้ในขวดสีชา ตั้งทิ้งไว้ 2-3 คืนก่อนนำมาใช้งาน

#### การเตรียมกราฟของสารละลายน้ำตาลกลูโคสมาตรฐาน (Standard Curve)

1. ออบกลูโคส ที่ 100-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccators เพื่อใช้ในการเตรียมสารละลายมาตรฐานกลูโคส (เตรียมโดยชั่งกลูโคส 25 กรัม ละลายในน้ำ 100 มิลลิลิตร โดยใช้ Volumetric flask) และทำการเตรียมสารละลายน้ำตาลกลูโคสที่ความเข้มข้นต่างๆ ดังนี้

หลอดที่	สารละลายน้ำตาล กลูโคสมาตรฐาน (มิลลิลิตร)	น้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	ปริมาณน้ำตาลกลูโคส (%)
1	0	5	0
2	1	4	5
3	2	3	10
4	3	2	15
5	4	1	20
6	5	0	25

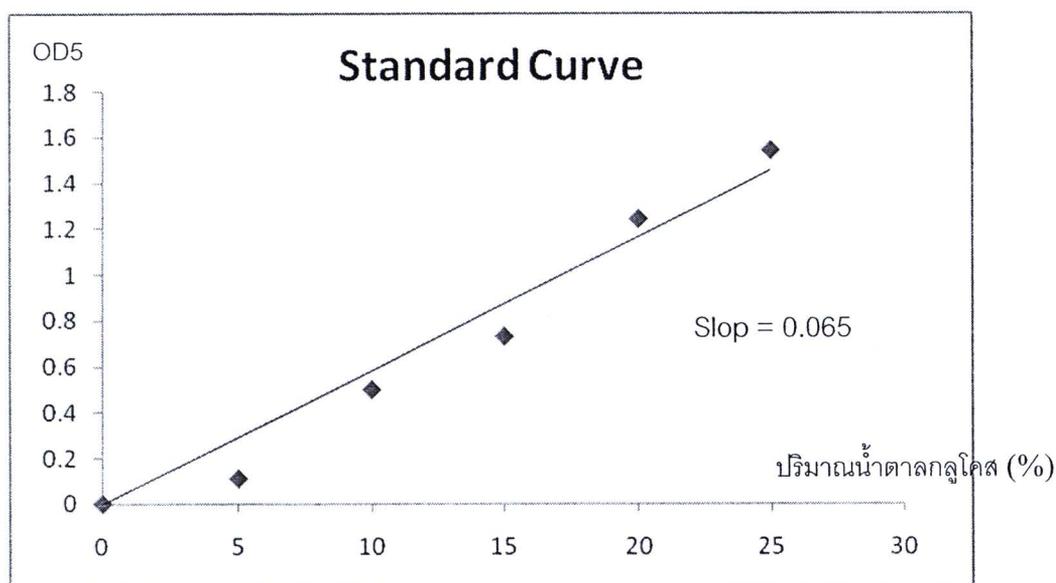
2. นำสารละลายที่ได้จากข้อ 1 มา 0.2 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 25 มิลลิลิตร
3. เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ลงในหลอดแล้วผสมเข้าด้วยกัน
4. นำสารละลายที่ได้มา 0.2 มิลลิลิตร
5. เติม DNS Reagent 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดและผสมเข้าด้วยกัน

6. นำไปต้มที่ water bath 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำไปทำให้เย็นด้วยการแช่ในน้ำแข็งเพื่อหยุดปฏิกิริยา
7. เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากัน
8. นำไปวัดค่า absorbance ที่ 520 nm โดยใช้หลอดที่ 1 เป็น blank
9. นำค่าที่ได้มาเขียนกราฟ แล้วหา slope โดยแกน Y แทนค่า absorbance ที่ความยาวคลื่น 520 nm และแกน X แทนปริมาณกลูโคส

#### การวัดปริมาณน้ำตาลที่เหลืออยู่ในตัวอย่าง (Residual sugars concentration)

1. นำสารตัวอย่างที่ต้องการวัดปริมาณน้ำตาลมา 0.2 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 25 มิลลิลิตร
2. และทำตามข้อ 3-9 จากการเตรียม standard curve โดยใช้หลอดทดลองที่ 1 เป็น blank
3. นำค่า Absorbance ที่วัดมาคำนวณหาปริมาณ reducing sugar ดังนี้

น้ำตาลรีดิวซ์ในสารตัวอย่าง (กรัมใน 100 มิลลิลิตร) =  $OD_{520}/\text{slope}$



กราฟแสดงมาตรฐานของสารละลายน้ำตาลกลูโคส

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

- ชื่อ : นพมาส เยี่ยมสวัสดิ์
- เกิด : 25 สิงหาคม 2527
- การศึกษา : ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนศรีรัตนสมุทร จ.สมุทรสงคราม  
ระดับปริญญาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหิดล สาขา วิศวกรรมเคมี
- การทำงาน : 2007-2009 บริษัท แอดวานซ์ เปเปอร์ จำกัด  
2009- ปัจจุบัน บริษัท กระดาษสหไทย จำกัด (มหาชน)



