รายงานปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การศึกษาอุณหภูมิและความเข้มข้นของแป้งที่มีผลต่อความหนืดของแป้งมันสำปะหลังดัดแปร (Viscosity Profile)

โดย

นางสาวกนกอร เศวตกุญชร B 4450016

นางสาวน้ำฝน เกษรจันทร์ B 4450702

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา สหกิจศึกษา

สาขาเทคโนโลยีอาหาร

สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วันที่ 7 ธันวาคม 2547

บริษัทสงวนวงษ์อุตสาหกรรม จำกัด
120 หมู่ 4 ต.หนองบัวศาลา อ.เมือง
จ.นครราชสีมา 30000

วันที่ 7 ธันวาคม 2547

เรื่อง ขอส่งรายงานปฏิบัติงานสหกิจศึกษา
เรียน อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา สาขาเทคโนโลยีอาหาร

ตามที่ข้าพเจ้านางสาวกนกอร เศวตกุญชร และ นางสาวน้ำฝน เกษรจันทร์ นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้ไปปฏิบัติงานสหกิจศึกษาระหว่าง วันที่ 30 สิงหาคม 2547 ถึงวันที่ 17 ธันวาคม 2547 ในตำแหน่งเจ้าหน้าที่วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ แผนกควบคุมคุณภาพ ณ บริษัทสงวนวงษ์อุตสาหกรรม จำกัด และได้รับมอบหมายจากพนักงานที่ปรึกษา (Job supervisor) ให้ศึกษาและจัดทำรายงานเรื่อง การศึกษาอุณหภูมิและความเข้มข้นของแป้งที่มีผลต่อความหนืดของแป้งมันสำปะหลังดัดแปร (Viscosity Profile)

บัดนี้ การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาได้สิ้นสุดลงแล้ว ข้าพเจ้าจึงขอส่งรายงานดังกล่าวมาพร้อมกันนี้จำนวน 1 เล่มเพื่อขอรับคำปรึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

กนกอร เศวตกุญชร น้ำฝน เกษรจันทร์

(นางสาวกนกอร เศวตกุญชร)
(นางสาวน้ำฝน เกษรจันทร์)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำนำ

รายงานฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาถึงกระบวนการในการผลิตแป้งมันสำปะหลัง วิธีการควบคุมคุณภาพของแป้งมันสำปะหลัง รวมถึงการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความหนืดของแป้งมันสำปะหลังดัดแปร เพื่อนำมาวิเคราะห์ถึงคุณสมบัติเฉพาะตัวของแป้งมันสำปะหลังดัดแปรชนิดนั้นๆ ทางผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อท่านผู้อ่าน หากมีข้อผิดพลาดประการใดทางผู้จัดทำต้องขออภัยมา ณ โอกาสนี้

กนกอร เศวตกุญชร
น้ำฝน เกษรจันทร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กิตติกรรมประกาศ

(Acknowledgment)

การที่ข้าพเจ้าได้ปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ณ บริษัท สงวนวงษ์อุตสาหกรรม จำกัด ตั้งแต่วันที่ 30 สิงหาคม พ.ศ.2547 ถึงวันที่ 17 ธันวาคม 2547 ส่งผลให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้ที่สามารถเก็บไว้เป็นประสบการณ์ที่มีค่ามาก สำหรับตัวข้าพเจ้า และรายงานสหกิจศึกษาฉบับนี้ สำเร็จลงด้วยดีจากความร่วมมือและสนับสนุนจากหลายฝ่าย ดังนี้

1. คุณทศพล ตันติวงษ์ บริษัท สงวนวงษ์อุตสาหกรรม จำกัด ที่เห็นความสำคัญของระบบการศึกษาแบบสหกิจศึกษา และได้ให้โอกาสที่ดีและมีคุณค่ายิ่งต่อข้าพเจ้า
2. คุณสุมาตรา จุลมานพ (Job supervisor) ที่คอยให้คำปรึกษาเป็นอย่างดี ขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งจากใจจริง
3. พี่ๆ ที่แผนกควบคุมคุณภาพทุกท่านที่ให้ความอบอุ่นและเป็นกันเอง ทั้ง Lab Native Starch และ Lab Modifile Starch

และบุคคลท่านอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการปฏิบัติงานและการจัดทำรายงาน

ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูล เป็นที่ปรึกษาในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนให้การดูแลและให้ความเข้าใจเกี่ยวกับชีวิตการทำงานจริง ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ไว้ ณ ที่นี้

นางสาวกนกอร เศวตกุญชร
นางสาวน้ำฝน เกษรจันทร์
ผู้จัดทำรายงาน
7 ธันวาคม 2547

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

บริษัท สงวนวงษ์อุตสาหกรรม จำกัด เป็นบริษัทที่ผลิตแป้งมันสำปะหลังและแป้งมันสำปะหลังดัดแปร ซึ่งมีกระบวนการผลิตโดยเริ่มจากการนำมันสำปะหลังดิบทำการร่อนดิน ทราย และเปลือกออกรวมทั้งล้างทำความสะอาด จากนั้นจะผ่านขั้นตอนการ สับ โม่ แยกกาก ทำให้เข้มข้นโดยผ่านเครื่องแยกน้ำแป้ง จากนั้นส่งน้ำแป้งเพื่อทำการสลัดแห้งและเข้าเครื่องอบแห้ง หลังจากที่ได้แป้งแห้งแล้วจะมีการตรวจสอบคุณภาพแป้งเช่น ความขาว ความเหนียว ปริมาณกำมะถันตกค้าง และ ค่าความเป็น กรด- ด่าง เป็นต้น ล่าสุดทางบริษัทฯ ได้จัดทำระบบ ISO14000 ด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งกำลังอยู่ในขั้นตอนการพิจารณาอนุมัติ และจากการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความหนืดของแป้งมันสำปะหลังดัดแปร เพื่อนำมาวิเคราะห์ถึงคุณสมบัติเฉพาะตัวของแป้งมันสำปะหลังดัดแปรชนิดนั้นๆ สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลในการบอกถึงการนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
จดหมายนำส่ง	ก
คำนำ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
บทนำ	ฌ
ประวัติความเป็นมา	ญ
อุตสาหกรรมการผลิตแป้งมันสำปะหลัง	1
- กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง	4
- แป้งมันสำปะหลังดัดแปร	10
- คุณสมบัติของแป้ง	13
- เครื่องบราเบนเดอร์	22
งานที่ได้รับมอบหมาย	30
สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง	51
สรุปผลการปฏิบัติงาน	52
ปัญหาและข้อเสนอแนะ	53
เอกสารอ้างอิง	54
ภาคผนวก	55

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 แสดงกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง	4
2 ภาพเครื่องมือวัดความหนาแน่นของหัวมัน	5
3 ภาพเครื่องร่อนดินทรายและปอกเปลือก	6
4 ภาพเครื่องสับหัวมัน (Root chopper)	7
5 ภาพเครื่องสกัดแป้ง (Extractor)	8
6 ภาพเครื่องแยก (Separator)	9
7 รูปแบบการพองตัวของแป้งมันฝรั่ง แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวฟ่างและแป้งไมโล	16
8 รูปแบบการละลายของแป้งมันฝรั่ง แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวฟ่าง และแป้งไมโล	16
9 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังการพองตัวและความสามารถในการละลายของแป้งมันฝรั่ง แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวฟ่างและแป้งไมโล	16
10 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวสาลี แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง และแป้งมันสำปะหลัง	19
11 รูปแบบความหนืดของแป้งสุกชนิดต่างๆเมื่อแบ่งตามกำลังการพองตัว	19
12 ภาพจุดที่สำคัญในการวัดโดยใช้เครื่องบราเบนเดอร์ อะมิโลกราฟ	20
13 ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA	21
14 เครื่องมือ Amylograph	23
15 เครื่องมือ Micro-Visco-Amylograph	25
16 เครื่องมือ Viscograph E รุ่น ICC 169	28
17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืด, อุณหภูมิและความเข้มข้นของแป้ง SW-7700 ซึ่งวัดด้วยเครื่อง LVD	36
18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืด, อุณหภูมิและความเข้มข้นของแป้ง SW-0520 ซึ่งวัดด้วยเครื่อง LVD	37
19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืด, อุณหภูมิและความเข้มข้นของแป้ง SW-0300 ซึ่งวัดด้วยเครื่อง LVD	38
20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืด, อุณหภูมิและความเข้มข้นของแป้ง SW-2200 ซึ่งวัดด้วยเครื่อง LVD	39
21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืด, อุณหภูมิและความเข้มข้นของแป้ง SW-2210 ซึ่งวัดด้วยเครื่อง LVD	40
22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืด, อุณหภูมิและความเข้มข้นของแป้ง SW-2110 ซึ่งวัดด้วยเครื่อง LVD	41

23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืด, อุณหภูมิและความเข้มข้นของแป้ง SW-2400 ซึ่งวัดด้วยเครื่อง LVD 42
24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืด, อุณหภูมิและความเข้มข้นของแป้ง SW-3210 ซึ่งวัดด้วยเครื่อง LVD 43
25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืด, อุณหภูมิและความเข้มข้นของแป้ง SW-2300 ซึ่งวัดด้วยเครื่อง LVD 44
26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืด, อุณหภูมิและความเข้มข้นของแป้ง SW-2300 ซึ่งวัดด้วยเครื่อง RVD 45
27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืด, อุณหภูมิและความเข้มข้นของแป้ง SW-2200 ซึ่งวัดจากเครื่อง RVD 46
28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืด, อุณหภูมิและความเข้มข้นของแป้ง SW-3200 ซึ่งวัดด้วยเครื่อง RVD 47
29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืด, อุณหภูมิและความเข้มข้นของแป้ง SW-2210 ซึ่งวัดด้วยเครื่อง RVD 48
30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืด, อุณหภูมิและความเข้มข้นของแป้ง SW-3210 ซึ่งวัดด้วยเครื่อง RVD 49
31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืด, อุณหภูมิและความเข้มข้นของแป้ง SW-0430 ซึ่งวัดด้วยเครื่อง RVD 50

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 แสดงองค์ประกอบหลักในหัวมันสำปะหลัง	2
2 แสดงองค์ประกอบภายในเนื้อมัน	2
3 แสดงผลค่าความหนืดของแป้ง SW-7700 ด้วยเครื่องมือ Brookfield Viscometer ชนิด LVD	30
4 แสดงผลค่าความหนืดของแป้ง SW-0520 ด้วยเครื่องมือ Brookfield Viscometer ชนิด LVD	31
5 แสดงผลค่าความหนืดของแป้ง SW-0300 ด้วยเครื่องมือ Brookfield Viscometer ชนิด LVD	31
6 แสดงผลค่าความหนืดของแป้ง SW-2200 ด้วยเครื่องมือ Brookfield Viscometer ชนิด LVD	31
7 แสดงผลค่าความหนืดของแป้ง SW-2210 ด้วยเครื่องมือ Brookfield Viscometer ชนิด LVD	32
8 แสดงผลค่าความหนืดของแป้ง SW-2110 ด้วยเครื่องมือ Brookfield Viscometer ชนิด LVD	32
9 แสดงผลค่าความหนืดของแป้ง SW-2400 ด้วยเครื่องมือ Brookfield Viscometer ชนิด LVD	32
10 แสดงผลค่าความหนืดของแป้ง SW-3210 ด้วยเครื่องมือ Brookfield Viscometer ชนิด LVD	33
11 แสดงผลค่าความหนืดของแป้ง SW-2300 ด้วยเครื่องมือ Brookfield Viscometer ชนิด LVD	33
12 แสดงผลค่าความหนืดของแป้ง SW-2300 ด้วยเครื่องมือ Brookfield Viscometer ชนิด RVD	34
13 แสดงผลค่าความหนืดของแป้ง SW-2200 ด้วยเครื่องมือ Brookfield Viscometer ชนิด RVD	34
14 แสดงผลค่าความหนืดของแป้ง SW-3200 ด้วยเครื่องมือ Brookfield Viscometer ชนิด RVD	34
15 แสดงผลค่าความหนืดของแป้ง SW-2210 ด้วยเครื่องมือ Brookfield Viscometer ชนิด RVD	35
16 แสดงผลค่าความหนืดของแป้ง SW-3210 ด้วยเครื่องมือ Brookfield Viscometer ชนิด RVD	35
17 แสดงผลค่าความหนืดของแป้ง SW-0430 ด้วยเครื่องมือ Brookfield Viscometer ชนิด RVD	35

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

วัตถุประสงค์

1. ศึกษากระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังและแป้งมันสำปะหลังดัดแปร
2. ศึกษาและวิเคราะห์การควบคุมคุณภาพของแป้งมันสำปะหลังและแป้งมันสำปะหลังดัดแปร
3. ศึกษาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของแป้งมันสำปะหลัง

สถานประกอบการ

1. ชื่อสถานประกอบการ

บริษัทสงวนวงษ์อุตสาหกรรม จำกัด

120 หมู่ 4 ถ. ราชสีมา – โชคชัย ต.หนองบัวศาลา อ.เมือง จ. นครราชสีมา 30000

2. สินค้าที่ผลิต

แป้งมันสำปะหลัง (Tapioca starch)

แป้งมันสำปะหลังดัดแปร (Modified starch)

3. งานที่ปฏิบัติ

เจ้าหน้าที่พัฒนาและวิจัยผลิตภัณฑ์

เจ้าหน้าที่ควบคุมคุณภาพ และประกันคุณภาพ

4. งานที่ได้รับมอบหมาย

ศึกษาอุณหภูมิและความเข้มข้นของแป้งที่มีผลต่อความหนืดของแป้งมันสำปะหลังดัดแปร

5. Job Supervisor

คุณสุมาตรา จุลมานพ

ตำแหน่ง เจ้าหน้าที่พัฒนาและวิจัยผลิตภัณฑ์

การศึกษา วิทยาศาสตร์บัณฑิต เทคโนโลยีชีวภาพ

6. ระยะการปฏิบัติงาน

ตั้งแต่วันที่ 30 สิงหาคม – 17 ธันวาคม พ.ศ. 2547

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติความเป็นมา

บริษัท สงวนวงษ์อุตสาหกรรม จำกัด ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ.2517 โดยคุณทศพล ตัณติวงษ์ และครอบครัว ในระยะแรกของการดำเนินงานเริ่มจากการทำมันเส้นและมันอัดเม็ด ด้วยกำลังการผลิต 30 ตัน / วัน ต่อมาในปี พ.ศ. 2519 โรงงานจึงก่อตั้งโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังขึ้น โดยมีกำลังการผลิต 50 ตัน / วัน หลังจากนั้นบริษัทฯ มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่องโดยมีการลงทุนซื้อเครื่องจักรใหม่ๆ และทันสมัยเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตและเพิ่มคุณภาพของแป้งมันสำปะหลังให้ดีขึ้นเสมอมา ทั้งนี้เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของตลาดได้อย่างเต็มที่ ในปี พ.ศ. 2532 บริษัทฯ ได้ทำการขยายและปรับปรุงโรงงานครั้งใหญ่ มีกำลังการผลิตมากขึ้นถึง 400 ตัน / วัน และปัจจุบันในปี พ.ศ. 2547 บริษัทฯ มีกำลังการผลิตถึง 750 ตัน / วัน และใช้หัวมันสดจากชาวไร่จำนวน 2,500 ตัน / วัน จึงนับว่าเป็น **โรงงานที่ผลิตแป้งมันที่ใหญ่ที่สุดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้**

การบริหารงานที่เป็นมาตรฐาน

บริษัท สงวนวงษ์อุตสาหกรรม จำกัด เป็นธุรกิจครอบครัวที่บริหารงานอย่างเป็นสากลและมีหลักการ บริษัทฯ ได้มีการพัฒนาและปรับปรุงโรงงานอย่างต่อเนื่องและนับเป็นโรงงานแป้งมันที่ริเริ่มจัดทำกิจกรรม 5 ส อย่างเต็มรูปแบบ นอกจากนี้บริษัทฯ ยังได้รับรองระบบบริหารมาตรฐาน ISO 9000:2000 จาก AJA EQS (Thailand) Ltd. และอยู่ในขั้นตอนการจัดทำระบบบริหารการจัดการสิ่งแวดล้อมและล่าสุดทางบริษัทฯ ได้จัดทำระบบ ISO 14000 ด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งกำลังอยู่ในขั้นตอนการพิจารณาอนุมัติ

การจัดการสิ่งแวดล้อม

ขบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังเป็นขบวนการที่มีการใช้น้ำเป็นจำนวนมาก จึงต้องมีระบบการจัดการน้ำเสียที่ดี บริษัทฯ มีบ่อบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติ 20 บ่อ ซึ่งน้ำดีที่ได้จากการบำบัดจะถูกนำมาใช้ในขบวนการผลิต และนำไปเลี้ยงป่ายูคาลิปตัสต่อไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

อุตสาหกรรมการผลิตแป้งมันสำปะหลัง

บทนำ

แป้งมันสำปะหลัง (Tapioca or manioc) ทำมาจากต้นมันสำปะหลังหรือที่เรียกว่า Cassava ซึ่งเป็นพืชหัวที่ทนต่อสภาพความแห้งแล้งได้ดี ไม่จำเป็นต้องเอาใจใส่ดูแลมากนัก ผลตอบแทนต่อไร่สูงและมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าพืชชนิดอื่น ๆ ซึ่งในประเทศไทยนิยมปลูกกันมากในเขตภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มันสำปะหลังจัดเป็นวัตถุดิบอาหารประเภทแป้ง มีโปรตีนต่ำมากประมาณ 2%มันสำปะหลังแบ่งออกได้ 2 ชนิดคือ

- **ชนิดหวาน** เป็นมันสำปะหลังที่ใช้เพื่อการบริโภค มีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิคต่ำ ไม่มีรสขม สามารถใช้หัวสดทำอาหารได้โดยตรง เช่น นำไปนึ่ง เชื่อม หรือทอด ซึ่งได้แก่พันธุ์ห้านาที พันธุ์ระยอง 2 เป็นต้น
- **ชนิดขม** เป็นมันสำปะหลังที่มีรสขม ไม่เหมาะสำหรับการบริโภคของมนุษย์หรือหัวสดเลี้ยงสัตว์โดยตรง เนื่องจากมีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิค มีความเป็นพิษต่อร่างกาย ต้องนำไปแปรรูปเป็นมันเส้นหรือมันอัดเม็ดก่อนจึงจะนำไปเลี้ยงสัตว์ได้

แป้งมันสำปะหลัง (Tapioca, cassava, manihot flour/starch) หมายถึง แป้งที่ทำจากหัวมันสำปะหลัง manihot utilissima เป็นแป้งที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง ประกอบไปด้วย อะมิโลส และ อะมิโลเพกติน แป้งมันสำปะหลังมีปริมาณ อะมิโลสประมาณ 17 % มี degree of polymerization (DP) ของอะมิโลสอยู่ในช่วง 1,000 – 6,000 และมีปริมาณ อะมิโลสเพกติน ประมาณ 83 % ซึ่งมี DP เท่ากับ 2×10^6 เมื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ จะประกอบด้วยเม็ดแป้งตั้งแต่ 2 – 8 เม็ดมารวมกัน แต่ละเม็ดยาวตั้งแต่5 – 35 ไมโครเมตร เม็ดแป้งของแป้งมันสำปะหลังมีรูปร่างกลมคล้ายไข่ที่มีรอยตัด และผิวตรงส่วนที่ตัดออกมีลักษณะเว้าเข้าข้างในบางเม็ดอาจมีริมด้านหนึ่งโค้ง อีกด้านหนึ่งแบนไม่สม่ำเสมอกัน เม็ดแป้งเหล่านี้จะแสดงให้เห็นรอยบุ๋ม อย่างชัดเจนและบางครั้งอาจเห็นชั้นของแป้งด้วย เม็ดแป้งมันสำปะหลังมีขนาดที่ใกล้เคียงกับเม็ดแป้งข้าวโพด

คุณภาพของแป้งมันสำปะหลังแบ่งออกได้ 3 ชั้นคุณภาพ คือ

1. ชั้นคุณภาพที่ 1
2. ชั้นคุณภาพที่ 2
3. ชั้นคุณภาพที่ 3

คุณลักษณะที่ต้องการของแป้งมันสำปะหลังคือ ต้องเป็นผงละเอียด มีสีขาว หรือสีครีมอ่อน ไม่เกิดการหมัก ไม่เหม็นอับหรือมีกลิ่นที่น่ารังเกียจและไม่ควรมีการปนเปื้อนหรือปลอมปนของแมลง สีเนื้อของแป้งมันสำปะหลังจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยหลาย ๆ ปัจจัย เช่น พันธุ์ของมันสำปะหลัง สภาวะการเก็บเกี่ยว เป็นต้น ภายหลังการเก็บเกี่ยวจะมีการเปลี่ยนแปลงของ

parenchyma ที่ชัดเจน พบสารประกอบพวก, leucoanthocyanin และ cathechin ซึ่งต่อไปจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินและดำ ซึ่งสีของเนื้อแป้งเหล่านี้จะมีผลต่อสีของแป้งและมีผลต่อกระบวนการผลิต แม้ว่าสีเหล่านี้จะสามารถละลายน้ำได้ก็ตาม โอกาสของการพัฒนาพันธุ์ในอนาคตสำหรับอุตสาหกรรมมันสำปะหลังนั้นแป้งมันสำปะหลังควรมีสีขาวและสามารถเก็บได้เป็นเวลานาน ดังนั้นในการทดลองจึงทำการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสีของแป้งมันสำปะหลัง โดยศึกษาปัจจัยด้าน ปริมาณกำมะถัน ค่าความเป็นกรด-ด่าง และ น้ำที่ใช้ในการสกัดแป้งมันสำปะหลัง

องค์ประกอบหลักของหัวมันสำปะหลังและองค์ประกอบภายในเนื้อมันสำปะหลัง ดังแสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 แสดงองค์ประกอบหลักในหัวมันสำปะหลัง (ปริมาณต่อ 100 กรัมน้ำหนักหัวมัน)

องค์ประกอบ	ปริมาณ (กรัม)
น้ำ	60.21-75.32
เปลือก	4.08-14.08
เนื้อ (แป้ง)	25.87-41.88
ไซยาไนด์ (ppm)	2.85-39.27

ที่มา : วิจารณ์ และคณะ, 2545

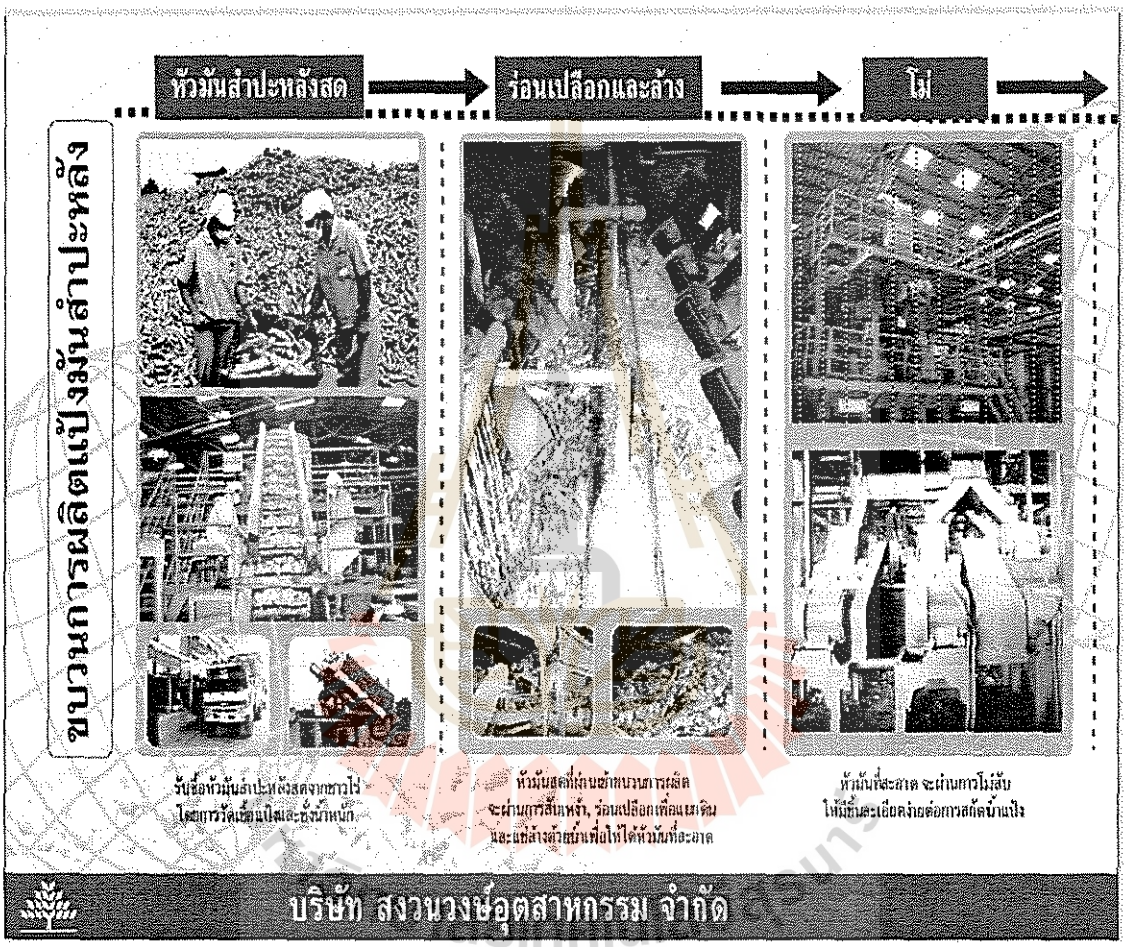
ตารางที่ 2 แสดงองค์ประกอบภายในเนื้อมัน (ปริมาณต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้งเนื้อมัน)

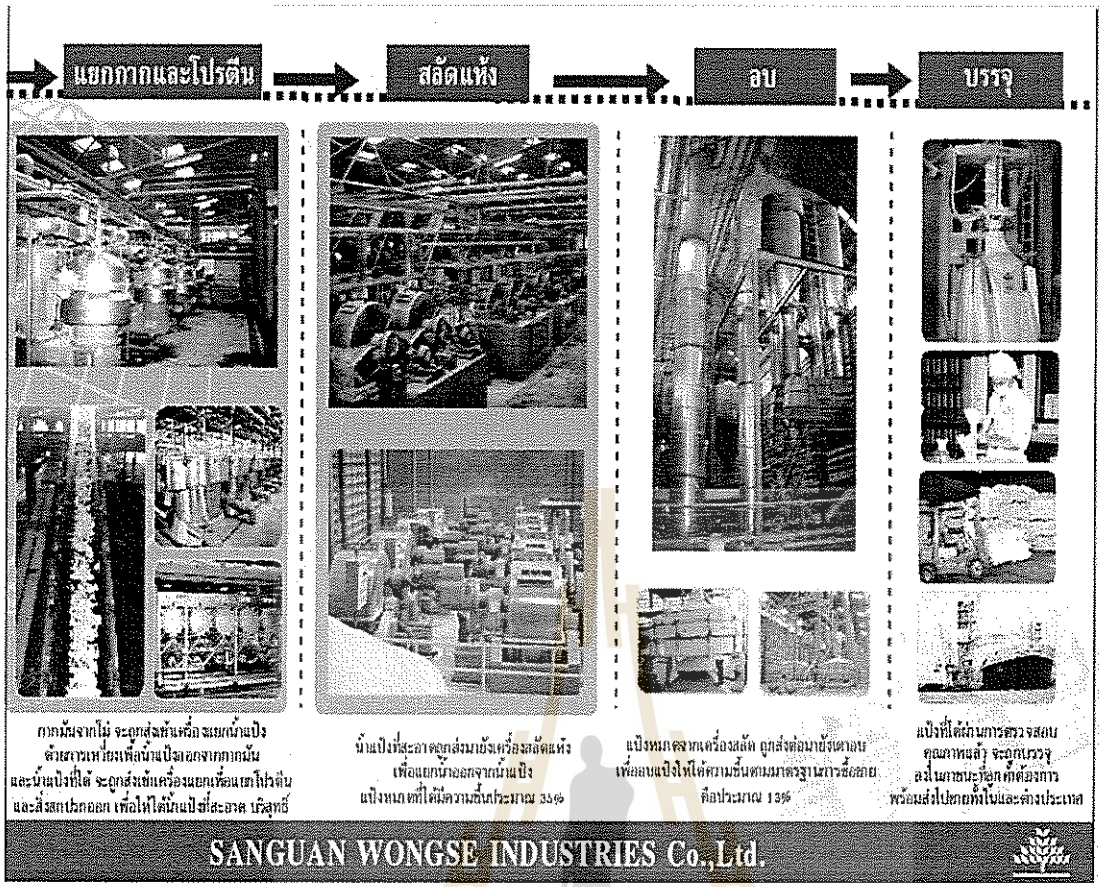
องค์ประกอบ	ปริมาณ (กรัม)
แป้ง	71.9-85.0
โปรตีน	1.57-5.78
เยื่อใย	1.77-3.95
เถ้า	1.20-2.80
ไขมัน	0.06-0.43
คาร์โบไฮเดรต	3.59-8.66

ที่มา : วิจารณ์ และคณะ, 2545

ปริมาณแป้งอาจจะมีได้สูงถึง 30 % ซึ่งองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีอยู่ในหัวมันสำปะหลังเป็นลักษณะที่สำคัญทางอุตสาหกรรมของมันสำปะหลัง ปัจจุบัน บราซิล อินโดนีเซีย และประเทศใน

ทวีปแอฟริกา บริโภคมันสำปะหลังเป็นอาหารและสนใจคุณสมบัติการรับประทานเป็นอาหารเป็นหลัก ประเทศไทยถือได้ว่าเป็นประเทศที่ใช้มันสำปะหลังในแง่อุตสาหกรรมแป้งและแป้งแปรรูปมากที่สุด ปริมาณแป้งในหัวมันเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดขององค์ประกอบทั้งหมดปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลังแต่ละสายพันธุ์จะแตกต่างกันซึ่งจะมีอยู่ประมาณ 14 – 28 % ซึ่งอาจจะมีสูงได้ถึง 30 % (2002) กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังดังแสดงในรูปที่ 1





รูปที่ 1 แสดง กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง

กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง

การรับและการตรวจสอบคุณภาพหัวมันสำปะหลัง

หลังจากที่หัวมันสำปะหลังส่งมายังโรงงานและผ่านการชั่งน้ำหนักแล้ว จะมีการสุ่มตัวอย่างจากรถบรรทุกมาทำการวัดความหนาแน่น เพื่อเป็นการประมาณปริมาณของแป้ง (เปอร์เซนต์แป้ง) โดยอาศัยหลักการลอยตัว (Buoyancy) ของวัตถุในของเหลว เมื่อทำการวัดหาปริมาณแป้งแล้วก็จะนำหัวมันมาเทรวมที่ลาน การเทหัวมันบนลานนั้นจะต้องมีการแยกหัวมันเก่าและหัวมันใหม่ออกจากกัน เนื่องจากปริมาณแป้งนั้นจะลดลงเมื่อเวลาผ่านไป จึงต้องมีการแยกหัวมันเก่าออกจากหัวมันใหม่เพื่อสะดวกต่อการนำไปผ่านกระบวนการผลิตโดยจะต้องใช้หัวมันเก่าจนหมดก่อนแล้วจึงจะนำหัวมันใหม่มาใช้ในการผลิตต่อไป

รูปที่ 2 ภาพเครื่องมือวัดความหนาแน่นของหัวมัน

ที่มา : กล้าณรงค์, 2542

การกำจัดเศษหัวมันสำปะหลัง

ในระหว่างการเก็บเกี่ยว ต้องทำการกำจัดเศษดิน หิน ทรายและเหง้าที่ติดหัวมันสำปะหลังออกให้หมด เนื่องจากเศษเหล่านี้จะทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องปอกเปลือก การขูดและบดหัวมันลดลง รวมทั้งเป็นการเพิ่มปริมาณของเสียที่โรงงานต้องกำจัดทิ้งด้วย (การกำจัดเหง้าออกจะเป็นไปตามข้อตกลงของโรงงานในการรับซื้อหัวมัน ว่าจะต้องมีเปอร์เซนต์เหง้าไม่เกินตามที่กำหนด ถ้าเกินกำหนดจะถูกหักค่ามันที่ขายได้ ดังนั้นเกษตรกรจึงต้องทำการตัดเหง้าออกจนเห็นเนื้อมันสีขาว เพื่อเป็นการลดรายจ่ายในการกำจัดของเสียของทางโรงงานอีกทางหนึ่ง)

การเตรียมหัวมันสำปะหลัง

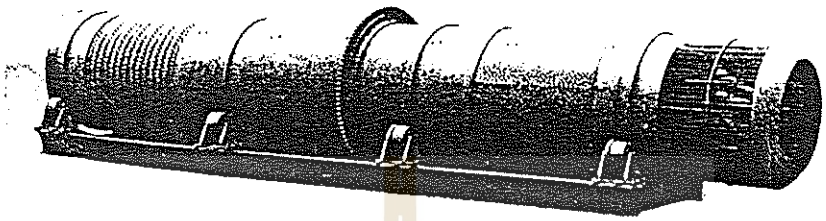
1. การกำจัดเศษดินและทราย

หัวมันสำปะหลังที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้วจะถูกลำเลียงโดยการใช้รถตัก ตักหัวมันลงสู่ถังปล่อยหัวมัน (Root Hopper) แล้วผ่านระบบสายพานเข้าสู่เครื่องร่อนดินทราย (Root Siever) เพื่อทำการกำจัดดินและทรายที่ติดมากับหัวมันและทำให้ผิวหน้าของหัวมันหลุดออก

2. การปอกเปลือกและล้างหัวมันสำปะหลัง

หัวมันสำปะหลังที่ผ่านจากเครื่องร่อนทรายจะถูกส่งต่อไปยังเครื่องปอกเปลือกและเครื่องล้างหัวมัน (Root Washer) โดยการล้างในอ่างที่มีน้ำและจะมีเกลียวลำเลียง ซึ่งน้ำที่ใช้ในการล้าง

หัวมันส่วยใหญ่จะใช้น้ำหมุนเวียนจากกระบวนการผลิต และเศษเปลือกมันจะถูกเก็บรวบรวมเพื่อขายให้แก่เกษตรกรเพื่อจะนำไปใช้ในการเพาะเห็ด



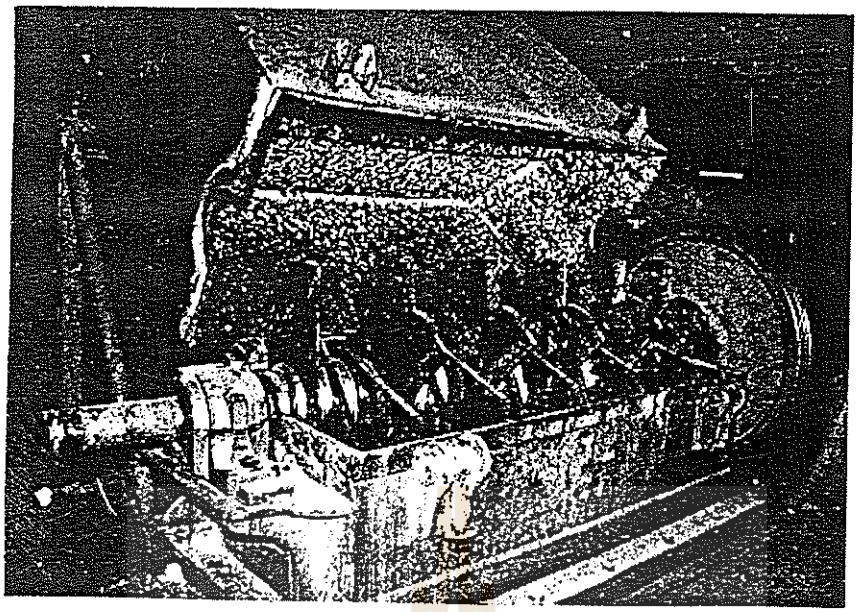
รูปที่ 3 ภาพเครื่องร่อนดินทรายและปอกเปลือก

ที่มา : กล้าณรงค์, 2542

การบดและขูดหัวมันสำปะหลัง

หัวมันที่สะอาดจะถูกส่งไปยังเครื่องสับหัวมัน (Root Chopper) เพื่อทำการสับหัวมันให้เป็นชิ้นเล็กๆ ขนาดประมาณ 1 – 2 นิ้ว แล้วผ่านเข้าเครื่องขูดหัวมันทำให้ได้มันสำปะหลังที่มีความละเอียดมากยิ่งขึ้น เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดแป้ง จากนั้นมันสำปะหลังที่ได้จะผ่านเข้าเครื่องโม่ (Rasper) เพื่อทำการบดหัวมันที่ผ่านการสับแล้ว มีการเติมน้ำเพื่อที่จะให้สามารถโม่ได้ง่ายขึ้น โดยมากน้ำที่ใช้จะเป็นน้ำหมุนเวียนเพื่อเป็นการประหยัดน้ำและลดการสูญเสียแป้งไปกับน้ำทิ้ง หลังจากการโม่จะทำให้ได้ของเหลวที่มีความข้น (Middle Fresh Pulp) ที่มีส่วนผสมของแป้ง น้ำ กากมันและสิ่งเจือปนต่างๆ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4 ภาพเครื่องสับหัวมัน(Root Chopper)

ที่มา : กล้าณรงค์, 2542

การสกัดแป้งและแยกแป้ง

หลังจากผ่านการโม่แล้วจะถูกส่งไปยังเครื่องสกัดแป้ง (Extractor) เพื่อทำการแยกเซลลูโลส (เส้นใยและกาก) ออกจากน้ำแป้ง เรียกกันในโรงงานว่า "เทอร์โบ" (Turbo) โดยทั่วไปจะเป็นการสกัดแบบหลายครั้ง (Multi – Stage Extractor) โรงงานจึงต้องวางเครื่องมือนี้ใช้งานเป็นชุดต่ออนุกรมกันประมาณ 4 – 6 ชุด ซึ่งแต่ละจุดระมีประมาณ 6 - 12 เครื่อง และมีการแบ่งหน้าที่ออกเป็น 2 ชุดคือ ชุดสกัดหยาบ (Coarse Extractor) โดยใช้ตะแกรงสแตนเลส และชุดสกัดละเอียด (Fine Extractor) โดยผ่านผ้ากรอง (แต่โรงงานแห่งนี้จะใช้การสกัดแบบละเอียดเลยโดยการใช้การสกัดผ่านผ้ากรองโดยตรง)

การทำงานของเครื่องสกัดแป้ง จะเป็นเครื่องแยกแบบหมุนเหวี่ยงโดยใช้หลักของแรงหนีศูนย์กลาง (Continuous Perforatebasket Centrifugal) ในขณะที่เครื่องหมุนก็จะมีน้ำแป้งถูกส่งเข้ามาตลอดเวลา ในขณะเดียวกันก็จะมีการฉีกน้ำเข้ามาอย่างสม่ำเสมอแบบสวนทิศทาง (Counter - Current) และมีการนำน้ำกำมะถันและน้ำดีช่วยในการสกัดแป้งออกจากกากอ่อน น้ำกำมะถันช่วยในการกำจัดการเกิดเมือกที่จะไปอุดตันแผ่นกรอง และเป็นการป้องกันการสูญเสียจากจุลินทรีย์ รวมทั้งเป็นการฟอกสีแป้งให้ขาว ส่วนน้ำทิ้งจากการสกัดแป้งจะนำกลับไปใช้ในขั้นตอนการสับหัวมันหรือการโม่ต่อไป

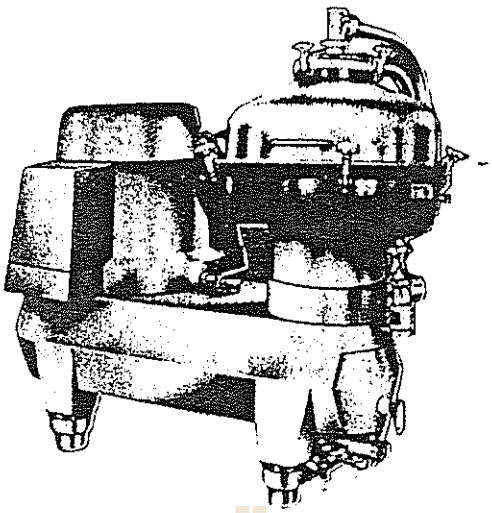
น้ำแป้งจากการสกัดละเอียดจะถูกนำมาทำให้บริสุทธิ์และเข้มข้นโดยการผ่านเข้าเครื่องมือที่เรียกว่า "เครื่องแยก" (Separator) เพื่อทำการแยกแป้งในรูปของสารละลายคอลลอยด์ออกจากน้ำแป้ง

ทำให้น้ำแป้งที่ได้มีความเข้มข้นสูงขึ้น โดยอาศัยหลักการเหวี่ยงแยกให้น้ำและสิ่งเจือปนไหลผ่านไปด้านบนของเครื่อง น้ำทิ้งส่วนนี้สามารถนำไปใช้หมุนเวียนในกระบวนการผลิตขั้นต้น เช่น การล้างหัวมัน การสกัดแป้ง เป็นต้น ส่วนน้ำแป้งที่มีความเข้มข้นมากจะไหลออกด้านล่าง เพื่อเข้าสู่เครื่องแยกเครื่องถัดไป จนได้น้ำแป้งที่มีความเข้มข้นสูง

อีกวิธีสำหรับการแยกแป้งสามารถใช้ไฮโดรไซโครน (Hydrocyclone) แทนได้ โดยน้ำแป้งจะถูกป้อนเข้าส่วนบนด้านข้าง แล้วจะหมุนรอบๆ ภายในกระบอกจนเกิดแรงปั่นเหวี่ยงทำให้แป้งตกลงสู่ส่วนล่าง น้ำจะแยกออกที่ส่วนบน ซึ่งไม่ต้องใช้มอเตอร์ในการหมุนเพื่อให้เกิดแรงปั่นเหวี่ยงเหมือนเครื่องแยกแป้ง ทำให้ประหยัดพลังงาน สามารถควบคุมการทำงานได้ง่ายเพียงแค่ทำการเปิดปิดวาล์วด้านบน ซึ่งในการใช้งานจริงจะมีการต่อแบบอนุกรมหลายตัว น้ำแป้งที่มีความเข้มข้นสูงเพื่อเข้าหน่วยสลัดแห้งถัดไป ก่อนที่จะส่งน้ำแป้งที่ได้ไปยังเครื่องสลัด น้ำแป้งจะถูกเก็บไว้ที่ถังพักเพื่อทำการปรับปริมาณกำมะถันและ pH ก่อนโดยการปรับจะต้องปรับให้ได้ในขอบเขตที่กำหนด เช่น น้ำแป้งต้องมี pH ในช่วง 5.0 – 6.0 เพื่อให้ได้แป้งแห้งที่มี pH 6.0 – 7.0 เป็นต้น ปริมาณกำมะถันและ pH จะปรับตามที่ลูกค้าต้องการหรือตามเกรดแป้ง

รูปที่ 5 ภาพเครื่องสกัดแป้ง (Extractor)

ที่มา : กล้าณรงค์, 2542



<u>รูปที่ 6</u> ภาพเครื่องแยก (Separator)

ที่มา : กล้าณรงค์, 2542

การสลัดแห้ง

หลังจากทำการปรับปริมาณกำมะถันและ pH ได้ตามต้องการแล้วน้ำแป้งที่ได้ก็จะถูกลำเลียงส่งไปยังหน่วยสลัดแห้ง ซึ่งเป็นการเหวี่ยงเอาน้ำออกจากน้ำแป้งเข้มข้น โดยใช้เครื่องสลัดแห้ง (Centrifuge) น้ำแป้งจะถูกป้อนเข้าสู่เครื่อง ซึ่งหมุนด้วยมอเตอร์เกิดแรงเหวี่ยงที่ผลักน้ำในนน้ำแป้งข้นให้ซึมผ่านผ้ากรอง น้ำที่ผสมในน้ำแป้งจะซึมผ่านผ้ากรองออกไปด้านล่าง เรียกน้ำส่วนนี้ว่า "หางน้ำแป้ง" ซึ่งจะนำกลับไปใช้ยังเครื่องแยกแป้ง ส่วนเนื้อแป้งจะถูกกรองและเกาะติดบนผิวผ้ากรอง แป้งที่ได้นี้เรียกว่า "แป้งหมาด" (Starch Cake) ซึ่งมีความชื้นประมาณ 32 – 38 % ก่อนที่จะถูกส่งไปยังหน่วยอบแป้ง

การอบแห้ง

แป้งหมาดจะถูกเป่าด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 180 - 200 C จากเตาเผา (air heater) ขึ้นไปในปล่องอบแห้ง (flash dryer) แล้วตกลงมาเข้าสู่ไซโคลนร้อน (drying cyclone) ความชื้นจะถูกระเหยออกไปบางส่วน ซึ่งมีการตรวจสอบความชื้นของแป้ง ถ้ามีความชื้นมากอาจมีการปรับอัตราเร็วของแป้งที่ปล่อยเข้าปล่องอบแห้ง โดยลดปริมาณแป้งเข้าหรือลดอัตราเร็วของลมร้อนที่เป่า เพื่อให้แป้งมีความชื้นน้อยลงตามต้องการ หลังจากแป้งเข้าสู่ไซโคลนร้อนแล้ว แป้งจะถูกดูดเข้าสู่ไซโคลนเย็น (Cooling cyclone) อีกชุดหนึ่ง แล้วผ่านเข้าเครื่องร่อนแป้ง ก่อนที่จะถูกบรรจุ

การใช้สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการผลิตแป้งมันสำปะหลังส่วนใหญ่จะเป็นกำมะถันก้อน ซึ่งใช้สำหรับเพิ่มคุณภาพแป้งให้มีความขาวมากขึ้น โดยนำกำมะถันก้อนไปเผาแล้วนำควันที่ได้ไปผ่านน้ำ เพื่อให้ได้กรดซัลฟูรัส (H_2SO_3) หรือบางแห่งอาจมีการใช้ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ($Na_2S_2O_5$) ในกระบวนการ

สกัดและแยกแป้ง ปริมาณกำมะถันที่ใช้ขึ้นกับชนิดของแป้งที่ทางโรงงานผลิตและเทคนิคในการฟอกขาว บางโรงงานได้พัฒนาการผลิตจนไม่จำเป็นต้องใช้กำมะถันในการฟอกขาวอีก

แป้งมันสำปะหลังดัดแปร (Modified Tapioca Starches)

แป้งดัดแปร (Modified Starch) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำแป้ง (starch) เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง แป้งสาลี มาเปลี่ยนสมบัติทางเคมีหรือทางฟิสิกส์จากเดิมด้วยความร้อน การใช้เอนไซม์ หรือโดยการใช้สารเคมีชนิดต่าง ๆ เพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารต่าง ๆ ซึ่งคุณลักษณะเกณฑ์ชี้บ่งต่าง ๆ ของแป้งดัดแปรแต่ละประเภทจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.1073, 2535 อ้างใน กล้าณรงค์, 2542)

แป้งดิบโดยทั่วไปมีคุณสมบัติบางประการที่ไม่เหมาะสมกับการผลิตในอุตสาหกรรม ได้แก่ มีช่วงความหนืดที่แคบ มีลักษณะทางเนื้อสัมผัสที่ไม่ดี มีความคงทนต่อแรงเฉือนในกระบวนการผลิตหรือความคงทนต่อสภาวะต่าง ๆต่ำ ส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพต่ำ และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการผลิตโดยไม่จำเป็น จึงได้มีการดัดแปรคุณสมบัติบางประการของแป้งดิบเพื่อให้เหมาะสมต่อการใช้งาน ทำให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี คงทนต่อสภาวะการผลิตได้ดี การเกิดเจลาติไนซ์ (gelatinization) การคืนตัว (retrogradation) และ การสูญเสียน้ำของเจลลดลง มีความคงตัวในสารละลายระหว่างกระบวนการแช่เยือกแข็ง (freeze-thaw) เพิ่มมากขึ้นทำให้มีลักษณะเนื้อเจลดีขึ้น มีคุณสมบัติการเป็นกาวเพิ่มมากขึ้น มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ และมีความสามารถในการผสมกับตัวละลายอื่น ๆ เพิ่มมากขึ้น แป้งมันสำปะหลังเป็นแป้งที่มีความบริสุทธิ์สูง มีการปนเปื้อนของสารประกอบเคมีอื่น ๆ ต่ำ เหมาะสำรับนำมาทำปฏิกิริยาเคมี ซึ่งส่วนอสัณฐาน (amorphous) ของอะมิโลเพกตินจะเป็นส่วนที่ทำปฏิกิริยาได้ดีที่สุด จึงได้มีการดัดแปรแป้งมันสำปะหลังเพื่อให้มีลักษณะสัมผัสที่เรียบเนียน (smoother) เพื่อใช้ในการปรับปรุงลักษณะสัมผัสของผลิตภัณฑ์นม (dairy–based products) เช่น yogurt, sour cream and sour cream dips เป็นต้น ซึ่งแป้งมันสำปะหลังดัดแปรจะให้ลักษณะเนื้อสัมผัส smooth และ creamy ในผลิตภัณฑ์ yogurt, sour cream ที่ระดับการใช้แป้งมันสำปะหลังดัดแปร ในช่วง 1 % - 5 % โดยที่แป้งมันสำปะหลังดัดแปรจะมีความเสถียรในผลิตภัณฑ์นมที่มีความเป็นกรด คือ ที่ระดับ pH 3.5- 4.5 ทำให้แป้งไม่ถูก ไฮโดรไลซ์ด้วยกรด ส่งผลให้มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีและไม่เกิดการเยิ้มน้ำเกิดขึ้น (Labell, 2002 อ้างใน กนกอร ,2542) นอกจากนี้การดัดแปรแป้งมันสำปะหลังถูกพัฒนาเพื่อให้เหมาะสมกับอุตสาหกรรมอาหาร เช่น เพื่อใช้เป็นสารเพิ่มความหนืด เป็นสารที่ช่วยในการเกิดเนื้อเจลที่ดี ให้ความคงตัวกับผลิตภัณฑ์ ทำให้แป้งเกิดเจลาติไนซ์ ที่อุณหภูมิต่ำกว่า แป้งที่ไม่ได้ดัดแปร (native tapioca starch)

เป็นต้น ซึ่งคุณลักษณะการเกิดเจลของแป้งสามารถเปลี่ยนแปลงทางเคมีได้โดยการเปลี่ยนแปลงหมู่หน้าที่ (functional groups) ของโมเลกุลของ starch ได้ดังนี้

- **Cross-linking** เป็นปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับ OH group กับสารที่มีหมู่หน้าที่หลายหมู่ (di- หรือ poly-functional reagents) สารประกอบที่ใช้ได้แก่ phosphorus oxychloride, adipic acid anhydride และ epichlorohydrin ที่นิยมใช้ทำ ester linking กับ OH group ของแป้งดังรูปที่ 3

Cross-linked starch มีคุณสมบัติที่ทนต่อการย่อยด้วยกรด(acid hydrolysis) ทนต่อแรงเฉือน (shear resistance) ทนต่อความร้อนที่สูงขึ้นเพิ่มความหนืดของแป้งเปียกที่ร้อน ทำให้แป้งเปียกมีลักษณะคล้ายขี้ผึ้ง เพิ่มความเหนียวให้แก่เม็ดแป้งที่พองตัว ทำให้เม็ดแป้งมีลักษณะเป็นหนึ่งเดียวกัน ไม่แตกออกต้องใช้อุณหภูมิสูงขึ้นสำหรับการอุ้มน้ำของ granule เป็นสารเพิ่มความข้นที่มีความหนืดสูง ซึ่งจะช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของแป้งให้เหมาะสมแก่การหุงต้ม แป้งชนิดนี้ใช้ผลิตอาหารประเภทมีความเป็นกรด (acid food products)

- **Substitution with stabilizing functional groups** ปฏิกิริยาประกอบด้วย การเติม monofunctional group เช่น hydroxyl propyl, phosphate และ acetyl ให้กับ OH group ของแป้ง ทำให้มีการรบกวนการรวมตัวกันของโมเลกุลของ amylose ด้วย hydrogen bonding (ดังรูปที่ 3) ทำให้แป้งยังคงรวมตัวกันกับน้ำ (hydrated) ได้เจลมีความใสและเสถียร แป้งชนิดนี้ใช้อุณหภูมิต่ำสำหรับรวมตัวกันกับน้ำ และเพิ่มความหนืดให้กับสารละลาย ลดการเยิ้มน้ำ(syneresis) ของอาหาร และเพิ่มความเสถียรต่อการแช่เยือกแข็งและการหลอมตัว (freeze-thaw)

substituted starch ใช้กับผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็ง และผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเก็บในตู้เย็น(frozen or refrigerated food product)

- **Cleavage** การทำ acid hydrolysis เป็นการทำให้ molecule ของแป้งแตกตัวแบบสุ่มโดยย่อยที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า gelatinization temperature เพื่อให้เกิด amorphous region ของ granules จะได้แป้งที่มีคุณสมบัติที่ไม่ละลายในน้ำเย็นเหมือนกับแป้งดิบ แต่ขณะที่ให้ความร้อนเม็ดแป้งจะแตกออกได้แป้งเปียกเป็นของเหลวใสที่มีความหนืดลดลง แต่เกิดเจลที่มีอุณหภูมิต่ำ ความทนต่อความร้อนต่ำ มีความคงตัวของโครงสร้างเจลสูง ทำ oxidative cleavage ด้วย sodium hyprochlorite จะได้ modified starch ที่มีคุณสมบัติการไหลดีมาก และไม่เกิดจับกันเป็นก้อน(caking) ระหว่างการแปรรูปอาหาร นอกจากนี้แป้งชนิดนี้ยังมีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่จะใช้ขึ้นรูปฟิล์ม เนื่องจากมีความหนืดต่ำสามารถให้ความร้อนได้แม้น้ำแป้งจะมีความเข้มข้นสูง ดูดน้ำหรือระเหยน้ำได้น้อย จึงส่งผลให้ฟิล์มแห้ง แข็ง และเกาะติดได้เร็ว (Wurzurg, 1986 อ้างใน กล้าณรงค์, 2542)

แป้งชนิดนี้จะใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น การผลิตลูกกวาด ท็อฟฟี่ ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ เช่น ใช้เคลือบเส้นด้าย ทำให้เส้นใยผ้าแข็งแรง ใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ เช่น ผลิตกระดาษลูกฟูก (Rohwer และ Klem, 1984 อ้างใน กล้าณรงค์, 2542)

- **Pregelatinized starch** ทำแป้งให้เกิดเจล แล้วทำให้แห้งจะได้ pregelatinized starch ที่รวมตัวได้ดีกับน้ำหรือสามารถละลายกระจายตัวได้ในน้ำเย็น ให้ความหนืดได้ทันที เหมาะสำหรับอาหารได้

โดยไม่ต้องให้ความร้อน ใช้กับพุดดิงสำเร็จ น้ำเกรวี (instant pudding) ซอส ไส้พาย (Pie filling) ครีมแต่งหน้าเค้ก (cake frosting) และส่วนผสมของซุปผง (กนกอร, 2542 , Powell, 1967)

นอกจากนี้การดัดแปรแป้งยังมีผู้แบ่งกลุ่มไว้หลายประเภทและหลายรูปแบบ ซึ่งจากการแบ่งกลุ่มของ BeMiller (1997, อ้างใน กล้าณรงค์ 2542)สามารถแบ่งได้ดังนี้

1. การดัดแปรทางเคมี แบ่งออกเป็น

1.1 การเกิดอนุพันธ์ (derivertization)

- การแทนที่สารในโมเลกุลเดี่ยวของแป้ง ทั้งปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชัน เช่นแป้งแอซีเทต หรือปฏิกิริยาอีเทอร์ริฟิเคชันเช่นแป้งไฮดรอกซีเอทิล
- การแทนที่โมเลกุลที่มีหมู่ฟังก์ชันมากกว่า 1 หมู่ เช่น แป้งครอสลิง

1.2 การลดขนาดโมเลกุลของแป้งโดยกรด เช่นการย่อยแป้งด้วยกรด

1.3 เดกซ์ทรินไนเซชัน เป็นการลดขนาดหรือเปลี่ยนการจับเกาะโดยใช้ความร้อน หรือความร้อนกับกรด เช่น มอลโตเดกซ์ทริน

1.4 ออกซิเดชัน ทำให้เกิดการฟอกสีและลดขนาดของโมเลกุลโดยปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่น แป้งออกซิไดซ์

1.5 การย่อยสลาย โดยใช้น้ำย่อยหรือกรดเพื่อย่อยสลายให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเล็ก เช่น enzymetically modified starch

2. การดัดแปลงทางกายภาพ

2.1 เจลาติไนเซชัน เป็นการให้ความร้อนกับแป้งจนผ่านขั้นตอนของการเจลาติไนเซชันแล้วทำให้แห้งทันที เช่นแป้งฟรีเจลาติไนซ์

2.2 แป้งละลายน้ำเย็น เป็นการแปรรูปจนได้แป้งที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็น โดยไม่ต้องผ่านขั้นตอนการเกิดเจลาติไนเซชัน

2.3 การลดขนาดโมเลกุลแป้งโดยทางกล เป็นการทำให้เม็ดแป้งแตกโดยทางกล ซึ่งจะทำให้ได้เม็ดแป้งที่มีขนาดเล็กกว่าปกติ

2.4 annealing เป็นการให้ความร้อนในขณะที่เม็ดแป้งอยู่ในอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเจลาติไนเซชัน การแปรรูปด้วยความร้อนชื้น เป็นการให้ความร้อนสูงกว่าจุดเจลาติไนเซชันแก่แป้งในขณะที่แป้งมีความชื้นต่ำ

3.การดัดแปรทางเทคโนโลยีชีวภาพ เป็นการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของแป้งโดยใช้การเปลี่ยนแปลงทางพันธุ์กรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประโยชน์ของแป้งมันสำปะหลัง

1. **ใช้เป็นแหล่งแคลอรีที่สำคัญของมนุษย์** มันสำปะหลังนอกจากจะปลูกง่ายกว่าพืชชนิดอื่นแล้ว ยังให้แคลอรีมากกว่าพืชชนิดอื่นๆ ดังนั้นมันสำปะหลังจึงถูกนำไปใช้ในการบริโภคโดยตรง เพื่อใช้เป็นอาหารของประชาชน ในประเทศที่กำลังพัฒนา อดอยากหิวโหยในเอเชีย อาฟริกา และลาตินอเมริกาและบทบาทของมันสำปะหลังที่จะให้แคลอรีกับภูมิภาคดังกล่าวนับว่ามีจำนวนเพิ่มมากขึ้น
2. **ใช้ทำแป้ง** แป้งที่ผลิตได้จากมันสำปะหลัง สามารถนำไปทดแทน แป้งที่ผลิตได้จากพืชหัวชนิดอื่นๆ รวมทั้งแป้งที่ได้จากข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวสาลี ฯลฯ ได้อย่างสมบูรณ์
3. **ใช้ทำอาหารสัตว์** หัวมันสำปะหลังมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงมาก ราคาไม่แพง จึงเหมาะที่จะนำไปเป็นส่วนประกอบอาหารสัตว์ นอกจากนี้ยังเป็นตัวลดต้นทุนด้วย
4. **อุตสาหกรรมการผลิตแอลกอฮอล์** หัวมันสำปะหลังมีส่วนประกอบของแป้งเป็นจำนวนมาก เมื่อนำมาผ่านกระบวนการเคมี หรือขบวนการทางชีววิทยา จะสลายตัวเป็นน้ำตาลซึ่งสามารถนำไปใช้ในการผลิตแอลกอฮอล์ได้

การนำแป้งมันสำปะหลังไปใช้ในอุตสาหกรรม พอจำแนกได้เป็น 2 ประเภท ดังต่อไปนี้

1. แป้งมันที่ใช้ในอุตสาหกรรมการบริโภค

1.1 อุตสาหกรรมกลูโคส เป็นอุตสาหกรรมที่ใช้แป้งมันเป็นวัตถุดิบโดยตรงถึง 80 % ของวัตถุดิบทั้งหมด

2.2 อุตสาหกรรมการทำผงชูรส การผลิตผงชูรสในประเทศไทยใช้กรรมวิธีการหมัก (Fermentation) นอกจากนี้ยังสามารถผลิตผงชูรสโดยวิธีการสกัด (Extraction) และวิธีการสังเคราะห์ (Synthesis) ก็ได้ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตส่วนมากได้แก่ แป้งมันสำปะหลังปริมาณที่ใช้มีมากถึงร้อยละ 50 นอกนั้นเป็นสารประกอบอื่นๆ

2. แป้งมันที่ใช้ในอุตสาหกรรมการอุปโภค

2.1 อุตสาหกรรมกระดาษ ใช้ในการฉาบผิวกระดาษ เพื่อให้ผิวกระดาษแข็งและเรียบขึ้น มีความสวยงามและมีความแข็งแรงมากขึ้น ทั้งยังช่วยป้องกันการซึมของน้ำหมึกและน้ำ และยังเป็นตัวเพิ่มความเหนียวของกระดาษ

2.2 อุตสาหกรรมสิ่งทอ ใช้ในการชุบเส้นด้ายที่นำมาทอเป็นผืน เพื่อที่จะทำให้ด้ายนั้นลื่นและเรียบ ไม่มีขนเวลาทอ ทั้งยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการยืดหยุ่นที่ดีขึ้น

2.3 อุตสาหกรรมไม้อัด เกี่ยวข้องกับการใช้มันสำปะหลัง เนื่องจากต้องนำแป้งมันไปผสมกาว ซึ่งกาวเป็นส่วนประกอบที่สำคัญยิ่ง ไม้อัดจะมีคุณภาพและมีความแข็งแรงมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับคุณภาพของกาวเป็นสำคัญ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.4 อุตสาหกรรมแอลกอฮอล์ การผลิตแอลกอฮอล์จากมวลชีวภาพเพื่อใช้ในเชื้อเพลิงเป็นเรื่องที่ได้รับความสนใจพอสมควร โดยเฉพาะประเทศที่กำลังพัฒนาที่มีพื้นฐานขึ้นกับการเกษตร

2.5 อุตสาหกรรมการทำกาว แป้งมันคุณสมบัติคือ เมื่อถูกความร้อนหรือสารเคมีจะมีลักษณะเหนียวและมีคุณสมบัติสามารถรักษาสภาพความเหนียวได้ดังเดิมไม่มีการคืนตัว

คุณสมบัติของแป้ง

การดูดซับน้ำ การพองตัวและการละลาย

เมื่อเติมน้ำลงในแป้งและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำที่เติมลงภายใต้สภาวะบรรยากาศของห้อง จนเกิดสมดุลระหว่างความชื้นภายในเม็ดแป้งกับน้ำที่เติมและความชื้นภายในบรรยากาศ ปริมาณน้ำที่ถูกดูดซึมจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ แป้งส่วนใหญ่เมื่อเกิดสมดุลภายใต้บรรยากาศปกติจะมีความชื้นประมาณ 10 ถึง 17% จากการทดลองของ Leach (1965) พบว่าแป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่ง และแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวสามารถดูดซึมน้ำได้ในปริมาณ 39.9, 42.9, 50.9 และ 51.4 กรัมต่อน้ำหนักแป้งแห้ง 100 กรัม ตามลำดับ

น้ำที่มีอยู่ในเม็ดแป้งมีอยู่ด้วยกัน 3 รูปแบบ คือ น้ำในผลึก น้ำในรูปที่ไม่มีอิสระ (bound water) และน้ำในรูปอิสระ (free water) โดยมีการจับกับแป้งได้แน่นตามลำดับ และแป้งที่มีความชื้น 8 ถึง 10% สามารถจับกับน้ำได้แน่นกว่าแป้งที่มีความชื้นสูงกว่านี้ เนื่องจากการจับของน้ำกับหมู่ไฮดรอกซิลที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 ของกลูโคสแต่ละหน่วยของแป้ง จะได้สตาร์ชโมโนไฮเดรต [n(C6H10O5.H2O)]

น้ำหรือของเหลวชนิดอื่นสามารถแพร่และผ่านเข้าไปในร่างแหของไมเซลล์ (micelles) ในเม็ดแป้งได้อย่างอิสระ ทดสอบได้จากการแขวนลอยเม็ดแป้งในสารละลายไอโอดีนเจือจาง จะเกิดสีขึ้นในเม็ดแป้ง เมื่อใส่โซเดียมไทโอซัลเฟต (sodium thiosulfate) ลงไป พบว่าสีจะหายไปอย่างรวดเร็วและเมื่อนำมาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน พบว่าเม็ดแป้งประกอบด้วยรูพรุนจำนวนมากซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวคัดขนาดโมเลกุล (molecule sieve) รูพรุนเหล่านี้อาจจะเกิดขึ้นในขั้นตอนการทำแห้งในกระบวนการผลิตแป้ง หรืออาจจะมีอยู่แล้วในแป้งธรรมชาติแต่มีขนาดขยายใหญ่ขึ้นเนื่องจากขั้นตอนการทำแห้งในกระบวนการผลิตแป้ง

แป้งดิบจะไม่ละลายในน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเจลาทิไนซ์ เนื่องจากมีพันธะไฮโดรเจนซึ่งเกิดจากหมู่ไฮดรอกซิลของโมเลกุลแป้งที่อยู่ใกล้ๆ กันเชื่อมต่อกันอยู่ แต่เมื่ออุณหภูมิของสารผสมน้ำแป้งเพิ่มสูงกว่าช่วงอุณหภูมิเจลาทิไนซ์ พันธะไฮโดรเจนจะถูกทำลาย โมเลกุลของน้ำจะเข้ามาจับกับหมู่ ไฮดรอกซิลที่เป็นอิสระ เม็ดแป้งเกิดการพองตัว ทำให้การละลาย ความหนืดและความใสเพิ่มขึ้น คุณสมบัติของการบิดระนาบแสงโพลาไรซ์ (birefringence) ในเม็ดแป้งจะหมดไป ปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัว และ ความสามารถในการละลาย คือ ชนิดของแป้ง ความแข็งแรง

และลักษณะของร่างแหภายในเม็ดแป้ง สิ่งเจือปนภายในเม็ดแป้งที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต ปริมาณน้ำในสารละลายแป้ง และการดัดแปรแป้งทางเคมี รูปแบบการพองตัว และการละลายของเม็ดแป้งแต่ละชนิดจะมีรูปแบบที่แตกต่างกันไป

เมื่อให้ความร้อนแก่สารละลายน้ำแป้ง เม็ดแป้งจะเกิดการพองตัว และบางส่วนของแป้งจะละลายออกมา กำลังการพองตัวของแป้งจะแสดงเป็นปริมาตรหรือน้ำหนักของเม็ดแป้งที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อเม็ดแป้งพองตัวได้อย่างอิสระในน้ำ สำหรับความสามารถในการละลายจะแสดงเป็นน้ำหนักของแข็งทั้งหมดในสารละลายที่สามารถละลายได้ ซึ่งคุณสมบัติทั้งสองนี้มีความสัมพันธ์กัน รูปแบบการพองตัวของแป้งกับอุณหภูมิแสดงดังภาพที่ 7 และรูปแบบการละลายของแป้งกับอุณหภูมิแสดงดังภาพที่ 8 ซึ่งมีความคล้ายกันมาก และเห็นความสัมพันธ์ได้เมื่อเขียนกราฟระหว่างกำลังการพองตัวและการละลายที่อุณหภูมิเดียวกันจะได้กราฟ เส้นตรง ดังภาพที่ 9 คุณสมบัติในการพองตัวและความสามารถในการละลายของแป้งแต่ละชนิดที่ 95°ซ

ปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัวละความสามารถในการละลายของแป้งมีหลายประการ (Leach และคณะ, 1959; Leach, 1965) ได้แก่

1. ชนิดของแป้ง

แป้งแต่ละชนิดมีรูปแบบในการพองตัวและการละลายแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาตามความสามารถในการพองตัวและการละลายของแป้งแล้วสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ แป้งจากธัญพืช แป้งจากส่วนราก และแป้งจากส่วนหัว

1.1 แป้งจากธัญพืช มีรูปแบบการพองตัวและการละลาย 2 ขั้น แสดงถึงแรงของพันธะภายในเม็ดแป้งที่แตกต่างกัน 2 ชนิด คือ พันธะบริเวณผลึก และบริเวณอสัณฐานของเม็ดแป้ง แป้งจำพวกนี้มีจำนวนพันธะสูงสุด แต่มีกำลังการพองตัวและการละลายต่ำสุดเนื่องจากมีปริมาณอะมิโลสสูง ซึ่งอะมิโลสจะทำให้โครงสร้างร่างแหในเม็ดแป้งแข็งแรงขึ้น ทำให้พองตัวได้ต่ำ

1.2 แป้งจากส่วนรากหรือส่วนกลางลำต้น (pith) เช่น แป้งมันสำปะหลัง มีการพองตัวเพียงขั้นเดียว กำลังการพองตัวและการละลายมีค่าสูงกว่าแป้งจากธัญพืช เนื่องจากมีจำนวนพันธะน้อยกว่า แป้งจากส่วนรากจะเกิดเจลาทิไนซ์ที่อุณหภูมิต่ำกว่าแป้งจากธัญพืช

1.3 แป้งจากส่วนหัว เช่น แป้งมันฝรั่ง จะมีการพองตัวสูงเนื่องจากพันธะภายในร่างแหอ่อนแอ นอกจากนี้หมู่ฟอสเฟตภายในแป้งมันฝรั่งยังทำให้เกิดการพองตัวสูงขึ้น เนื่องจากสามารถก่อให้เกิดแรงผลักดันทางไฟฟ้าได้ การพองตัวในแป้งจากส่วนหัวจะเกิดเพียงขั้นเดียว และเกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำ รูปแบบนี้จะเป็นลักษณะของแป้งที่พอลิอิเล็กโทรไลต์ (polyelectrolyte)

(2) ความแข็งแรงและลักษณะของร่างแหภายในเม็ดแป้ง

ความแข็งแรงและลักษณะของร่างแหภายในเม็ดแป้ง หรืออีกนัยหนึ่งคือ จำนวน

และชนิดของพันธะภายในเม็ดแป้ง ในระดับโมเลกุลมีปัจจัยที่มีผลกระทบต่อจำนวนของพันธะ ได้แก่ ขนาด รูปร่าง ส่วนประกอบและการกระจายตัวของร่างแหภายในเม็ดแป้ง อัตราส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพกทิน น้ำหนักโมเลกุล การกระจายตัวของโมเลกุล จำนวนกิ่งก้านสาขา การจัดเรียงตัวและความยาวของสาขาในอะมิโลเพกทิน

(3) สิ่งเจือปนในเม็ดแป้งที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต

สิ่งเจือปนเป็นปัจจัยสำคัญต่อการพองตัวของเม็ดแป้ง เช่น แป้งข้าวโพดที่ถูกสกัดไขมันออกจะมีการพองตัวอย่างอิสระและเป็นรูปแบบเดียวกันดีกว่าแป้งข้าวโพดปกติ เนื่องจากกรดไขมันในธรรมชาติของแป้งข้าวโพดปกติจะยับยั้งการพองตัวของเม็ดแป้ง โดยเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับอะมิโลส (lipid-amyloss complex) นอกจากนั้นการใส่สารลดแรงตึงผิวในแป้งจะมีผลต่อกำลังการพองตัวของเม็ดแป้ง การใส่โพแทสเซียม ปาล์มมิเตท (potassium palmmitate) และ สเตียเรต (stearate) จะลดกำลังการพองตัวของแป้งมันสำปะหลัง ในขณะที่การใส่โซเดียมซัลเฟต (sodiym sulfate) และซิติลไตรเมทิลแอมโมเนียมโบรไมด์ (cetyl timethyl ammonium bromide) จะเพิ่มกำลังการพองตัวของเม็ดแป้ง

(4) คุณสมบัติหลังการดัดแปรทางเคมี

คุณสมบัติการพองตัวและการละลายของแป้งจะเปลี่ยนไปเมื่อมีการดัดแปรทางเคมี

การดัดแปรด้วยกรดหรือการเกิดออกซิเดชันด้วยเกลือไฮโปคลอไรต์ (hypochlorite) จะทำให้เกิดการแตกออกของพันธะภายในร่างแห ทำให้เม็ดแป้งกระจายออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ การละลายและการพองตัวสูงขึ้น สำหรับการดัดแปรด้วยปฏิกิริยาเสเทอร์ริฟิเคชัน หรืออีเทอร์ริฟิเคชัน จะเกิดการแทนที่ของหมู่อื่นภายในโมเลกุลของแป้ง ทำให้พันธะภายในเม็ดแป้งอ่อนแอลง อุณหภูมิในการเกิดเจาทิไนซ์ต่ำลงการพองตัวเพิ่มขึ้น ขอบเขตในการลดลงของอุณหภูมิเจลาทิไนซ์และการพองตัวที่เพิ่มขึ้น ขึ้นอยู่กับจำนวนและธรรมชาติของหมู่ที่มาแทนที่ การทำครอสลิง (cross linking) จะทำให้ความแข็งแรงของพันธะภายในเม็ดแป้งเพิ่มขึ้น ความสามารถในการพองตัวและการละลายจึงลดลง

(5) ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในสภาวะที่เกิดการพองตัว

มีผลต่อการพองตัวและการละลาย สารละลายที่มีปริมาณแป้งต่ำกว่า 20% ค่าการละลายจะสูงกว่าเมื่อมีแป้งสูงกว่า 20% การพองตัวอย่างอิสระและการละลายที่สูงขึ้นจะถูกยับยั้งในสภาพที่สารละลายมีปริมาณน้ำน้อย สารประกอบอื่น ๆ เช่น ซูโครส กลูโครส และสารอิเล็กโทรไลต์ (เช่น sodium chloride) มีผลกระทบต่อการพองตัวของแป้ง พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของซูโครส และลดปริมาณแป้งลงทำให้แป้งสามารถละลายได้เพิ่มขึ้น

ความหนืด

ปัจจัยการเกิดความหนืด

ชนิดของแป้ง

แป้งแต่ละชนิดมีคุณสมบัติความหนืดแตกต่างกันไป ดังแสดงในภาพที่ 10 ความหนืดที่เกิดขึ้นของน้ำแป้ง เมื่อให้ความร้อนและมีการกวนหรือคนอย่างสม่ำเสมอ จากอุณหภูมิ 50 $^{\circ}$ C ไปถึง 95 $^{\circ}$ C และคงที่ที่ 95 $^{\circ}$ C เป็นเวลา 2.5 นาที จึงลดอุณหภูมิลงเป็น 50 $^{\circ}$ C อีกครั้งจะเห็นว่าแป้งแต่ละชนิดจะให้ลักษณะ (profile) ของความหนืดแตกต่างกัน โดยวัดจากเครื่องวิเคราะห์ความหนืดอย่างรวดเร็ว (RVA)

จากการแบ่งประเภทของแป้งตามกราฟแสดงความหนืดตามวิธีของ Schoch และ Mayward (1968) สามารถแบ่งรูปความหนืดของแป้งสุกที่วัดด้วยเครื่อง Brabender Viscoamylograph ตามกำลังการพองตัวของแป้งแบ่งเป็น 4 แบบดังภาพที่ 11 ดังนี้

แบบ a: กราฟจากเม็ดแป้งที่มีกำลังการพองตัวสูง (high-swelling starches) เช่น แป้งมันฝรั่ง (potato starch) แป้งข้าวฟ่าง (waxy sorghum starch) แป้งจากธัญพืช เมื่อให้ความร้อนแก่แป้งเม็ดแป้งจะมีกำลังการพองตัวสูง ทำให้แรงที่ยึดกันภายในโมเลกุลอ่อนตัวลง เม็ดแป้งกระจายตัวออกเมื่อได้รับแรงเฉือน ลักษณะกราฟความหนืดจึงลาดชันแล้วลดลงอย่างรวดเร็วระหว่างการต้มสุก

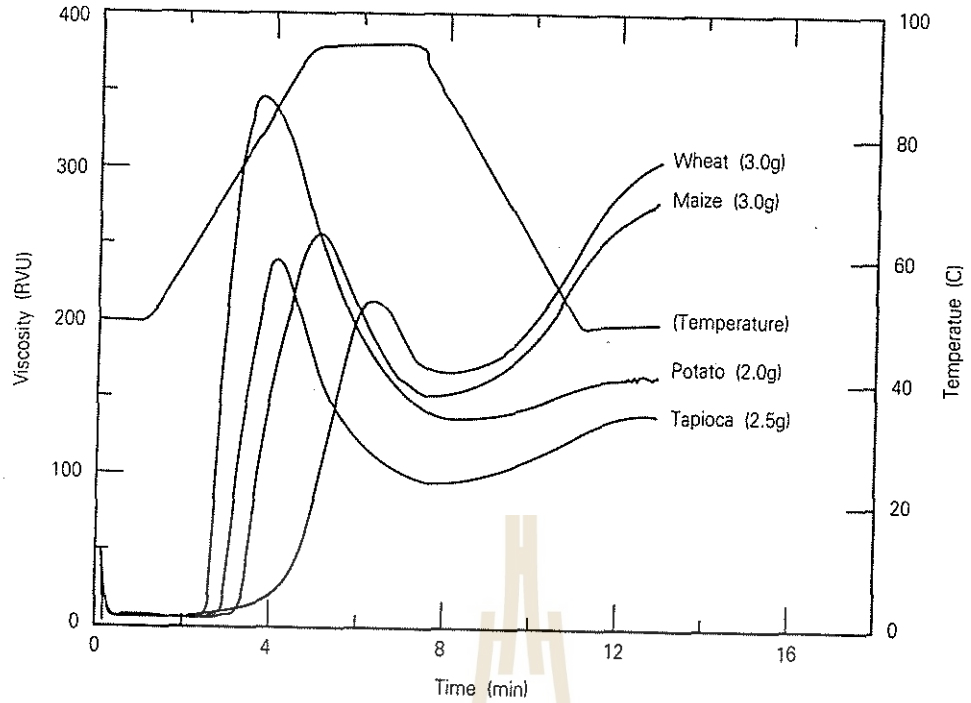
แบบ b: กราฟจากเม็ดแป้งที่มีกำลังการพองตัวปานกลาง (moderate-swelling starches) ได้แก่ แป้งจากธัญพืชต่างๆเม็ดแป้งไม่พองตัวมากถึงขั้นกระจายตัวออกจึงได้ลักษณะกราฟความหนืดที่สูงชันน้อยกว่าและเกิดการสลายตัวระหว่างการต้มสุกน้อยกว่า

แบบ c: กราฟจากเม็ดแป้งที่มีการพองตัวน้อย (restricted-swelling starches) ได้แก่ แป้งที่ได้จากถั่งต่างๆและแป้งครอสลิงหรือพันธะข้าม (cross-link or cross bonded) วิธีการครอสลิงทำการพองตัวและการสลายตัวของเม็ดแป้งลดลง ทำให้เม็ดแป้งที่มีการพองตัวมีเสถียรภาพมากขึ้น ลักษณะกราฟความหนืดจึงไม่ปรากฏเป็นยอดสูงสุด มีค่าความหนืดสูงซึ่งอาจจะคงที่หรือเพิ่มขึ้นระหว่างการต้มสุก

แบบ d: กราฟจากเม็ดแป้งที่มีการพองตัวน้อยมาก (highly restricted-swelling starches) ได้แก่ แป้งที่มีปริมาณอะไมโลสสูง เช่นแป้งข้าวโพดอะมิโลเมสซึ่งมีอะมิโลส 50 ถึง 80 % (ไม่มีแสดงในภาพ)

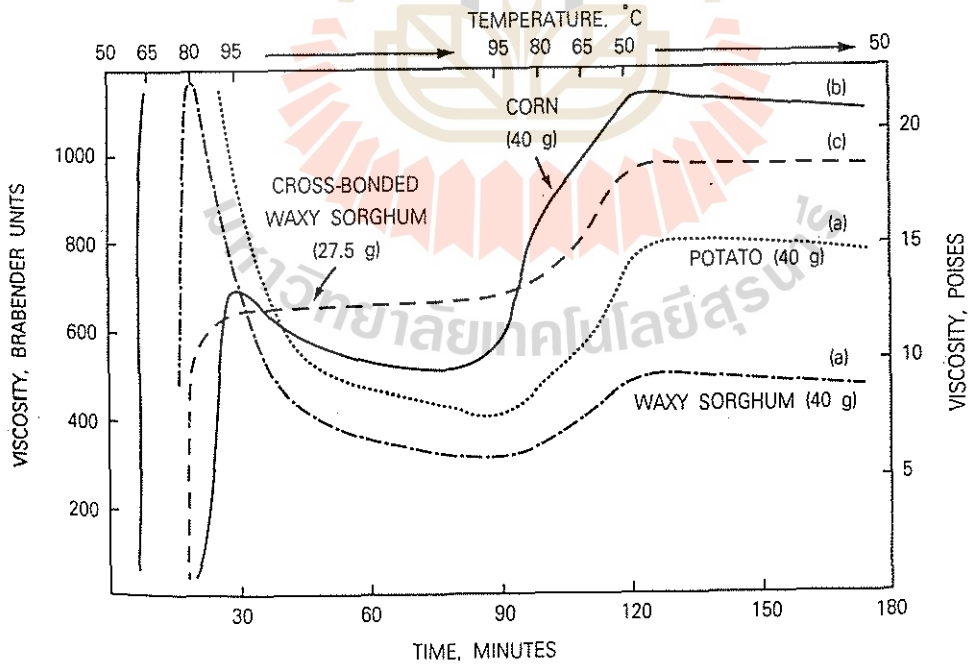
วิธีวัดความหนืด

วิธีการตรวจวัดความหนืดสามารถกระทำได้หลายวิธีและเครื่องมือที่ใช้ในการวัดมีหลายชนิด แต่ละชนิดมีหลักการทำงานและการอ่านค่าความหนืดต่างกัน ดังนี้



รูปที่ 10 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวสาลี แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง และแป้งมันสำปะหลัง

(ที่มา: กล้าณรงค์, 2542)



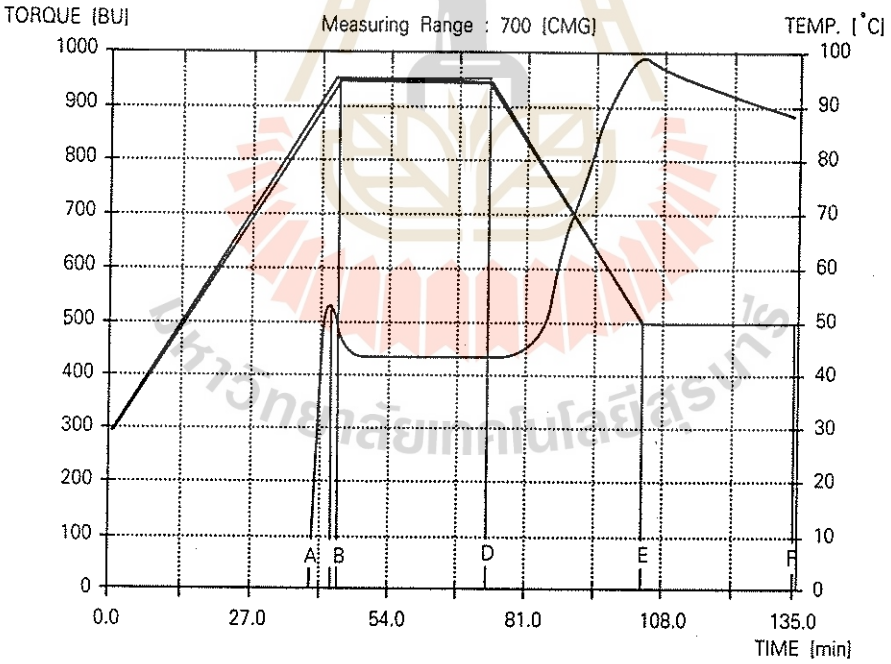
รูปที่ 11 รูปแบบความหนืดของแป้งสุกชนิดต่างๆเมื่อแบ่งตามกำลังการพองตัว

(ที่มา: กล้าณรงค์, 2542)

(ก) การใช้เครื่องมือวัดความหนืดแบบบรูคฟิล์ด (Brookfield viscometer) สามารถวัดความหนืดได้ที่อุณหภูมิหนึ่งๆ การทำงานของเครื่องเกิดจากการหมุนของวัตถุทรงกระบอกหรือแผ่นจานในของเหลวด้วยอัตราเร็วที่คงที่ ค่าความหนืดของของเหลววัดได้จากค่าความต้านทานการหมุนของของเหลวที่อัตราเร็วคงที่ แรงต้านจะทำให้สปริงเกิดการยืดตัวโดยแสดงด้วยเข็มสีแดงบนหน้าปัดเครื่อง ค่านี้จะคูณด้วยค่าคงที่ตามความเร็ว ขนาดและชนิดของเครื่อง ค่าที่วัดได้จากเครื่องนี้จะมีหน่วยความหนืดของของเหลวเป็นเซนติพอยส์ (centipoise)

ข. การใช้เครื่องวัดความหนืดแบบหลอด (Capaillary viscometer) สามารถใช้วัดความหนืดได้ที่อุณหภูมิหนึ่งๆเท่านั้น มีหน่วยของความหนืดเป็น mPa.s

ค. การใช้เครื่องบราเบนเดอร์ อะมิโลกราฟ (Brabender amylograph) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมแพร่หลาย หลักการทำงานคือการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งในระหว่างการทำให้ร้อนจนถึงขั้นการทำให้เย็น ติดตามผล และแสดงผลในรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ได้หน่วยความหนืดเป็น **Brabender Uniit (BU) สามารถเปลี่ยนเป็น centipoise ได้โดย เทียบความหนืดของสารละลายแป้งสุก 5% ความหนืด 500 BU เท่ากับ 2700 centipoise** (Brautlecht, 1953) ความหนืดค่าต่างๆ จะแสดงให้เห็นถึงลักษณะที่สำคัญของแป้งแต่ละชนิด ดังภาพที่ 12



รูปที่ 12 จุดที่สำคัญในการวัดโดยใช้เครื่องบราเบนเดอร์ อะมิโลกราฟ

ที่มา : กล้าณรงค์, 2542

จุด A แสดงความหนืดเริ่มเกิดเจลาทิไนซ์

จุด B แสดงความหนืดสูงสุด (peak viscosity) เป็นความหนืดสูงสุดในช่วงการให้ความร้อน เป็นจุดที่เม็ดแป้งพองตัวเต็มที่

จุด C แสดงความหนืดเริ่มต้นที่อุณหภูมิ 95 °C ชี้ให้เห็นถึงความยากง่ายในการหุงต้ม

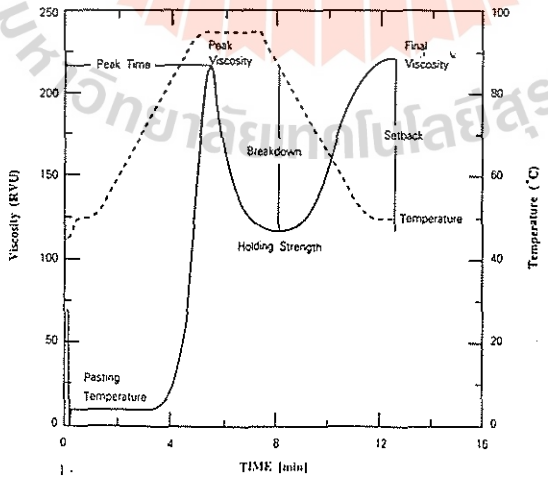
จุด D แสดงความหนืดสุดท้ายที่อุณหภูมิ 95 °C ชี้ให้เห็นถึงความคงตัวของเม็ดแป้ง

จุด E แสดงความหนืดเริ่มต้นที่อุณหภูมิ 50°C ชี้ให้เห็นถึงการเกิดรีโทรเกรเดชั่นเนื่องจากการทำให้เย็น

จุด F แสดงความหนืดสุดท้ายที่อุณหภูมิ 50°C ชี้ให้เห็นถึงความคงตัวของน้ำแป้งสุกที่ผ่านการหุงต้ม และทิ้งไว้ให้เย็นแล้ว

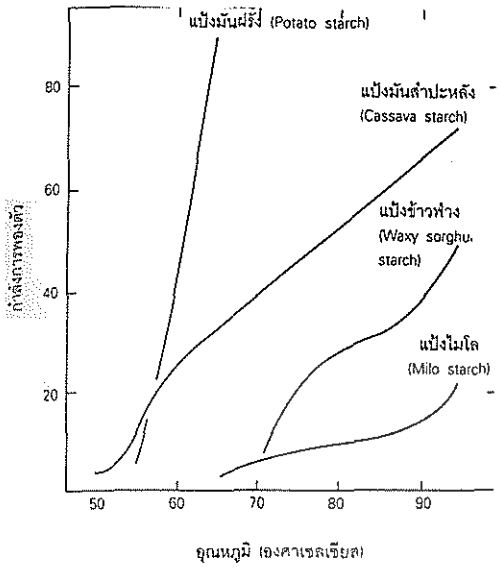
เมื่อเม็ดแป้งได้รับความร้อนจะดูดซึมน้ำและพองตัวขยายใหญ่ขึ้น น้ำบริเวณรอบๆเม็ดแป้งเหลือน้อยลง ทำให้เม็ดแป้งเคลื่อนไหวยาก เกดความหนืดขึ้น อุณหภูมิที่กราฟเริ่มเกิดความหนืดเรียกว่า อุณหภูมิเริ่มเปลี่ยนค่าความหนืด (pasting viscosity) เมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้นความหนืดจะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่มีความหนืดสูงสุด (peak viscosity) เป็นจุดที่เม็ดแป้งพองตัวเต็มที่ และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิละเวลาต่อไปอีก รวมทั้งมีการกวนอย่างต่อเนื่อง จะทำให้โครงสร้างภายนอกแตก ความหนืดลดลง ต่อมาอุณหภูมิลดลง ทำให้เกิดรีโทรเกรเดชั่น ความหนืดจะเพิ่มขึ้นอีก ซึ่งเป็นความหนืดที่เกิดจากการเรียงตัวกันใหม่ของโมเลกุลอะมิโลสที่หลุดออกจากเม็ดแป้ง

ง. Rapid Visco Analyzer (RVA) เป็นเครื่องสำหรับประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่จะต้องพิจารณาความหนืดขณะที่ให้ความร้อน คุณสมบัติพิเศษ คือ มีความสามารถในการเปลี่ยนระดับอุณหภูมิ สามารถทำให้ร้อน ละเย็นได้อย่างแม่นยำ และรวดเร็ว สามารถรักษาอุณหภูมิให้คงที่ได้ จึงทำให้สามารถหา ลักษณะการเปลี่ยนแปลงความหนืด (pasting curve) ได้ภายในเวลาสั้น (13 นาที) ได้ เนื่องจากมีกลไกการส่งผ่านความร้อนที่ดีกว่า และใช้ปริมาณตัวอย่างน้อยกว่า สมบัติความหนืดของแป้งแต่ละชนิดแสดงดังภาพที่ 13



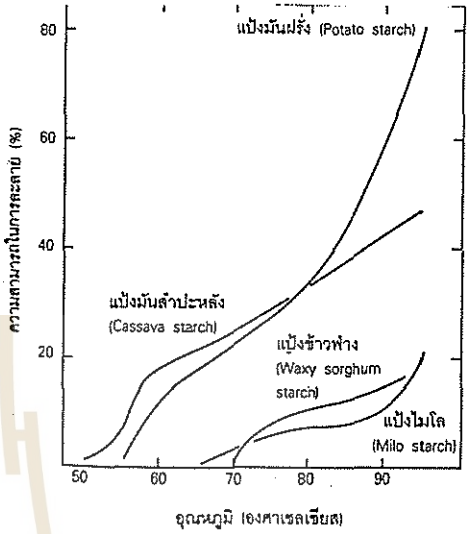
รูปที่ 13 ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA

ที่มา : กล้าณรงค์, 2542



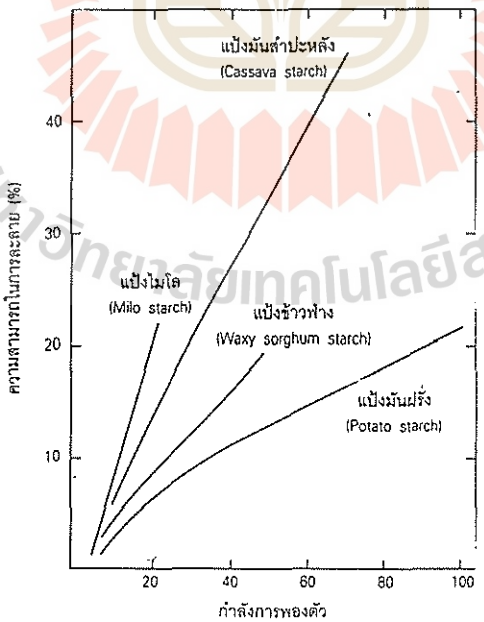
รูปที่ 7 รูปแบบการพองตัวของแป้งมันฝรั่ง แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวฟ่าง และแป้งไมโล

(ที่มา: กล้าณรงค์, 2542)



รูปที่ 8 รูปแบบการละลายของแป้งมันฝรั่ง แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวฟ่าง และแป้งไมโล

(ที่มา: กล้าณรงค์, 2542)



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังการพองตัวและความสามารถในการละลายของแป้งมันฝรั่ง แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวฟ่าง และแป้งไมโล

(ที่มา: กล้าณรงค์, 2542)

ค่าที่เครื่องแสดงผลอ่านได้บนจอคอมพิวเตอร์ ในหน่วย % หรือ RVU ได้ดังนี้

1. peak time: เวลาที่เกิดจุดสูงสุด (peak) ของความหนืด มีหน่วยเป็นนาที
2. pasting temperature: อุณหภูมิที่เริ่มเปลี่ยนค่าความหนืด หรือมีค่าความหนืดเพิ่มขึ้นเป็น 2 RVU ในเวลา 20 วินาที มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส
3. peak temperature: อุณหภูมิที่เกิดจุดสูงสุด (peak) มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส
4. peak viscosity: ความหนืดที่ความหนืดที่จุดสูงสุด มีหน่วยเป็น RVU
5. holding strength: ความหนืดที่ต่ำที่สุดระหว่างการทำให้เย็น มีหน่วยเป็น RVU
6. breakdown: ความแตกต่างของความหนืดสูงสุดและความหนืดต่ำสุด มีหน่วยเป็น RVU
7. final viscosity: ความหนืดสุดท้ายของการทดลอง มีหน่วยเป็น RVU
8. setback from peak: ผลต่างของความหนืดสุดท้ายกับความหนืดที่จุดสูงสุด (peak) มีหน่วยเป็น RVU
9. setback from trough: ผลต่างของความหนืดสุดท้ายกับความหนืดต่ำสุด มีหน่วยเป็น RVU

เครื่องบราเบนเดอร์ (Brabender) ที่ใช้วัดค่าความหนืดของแป้งแบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ

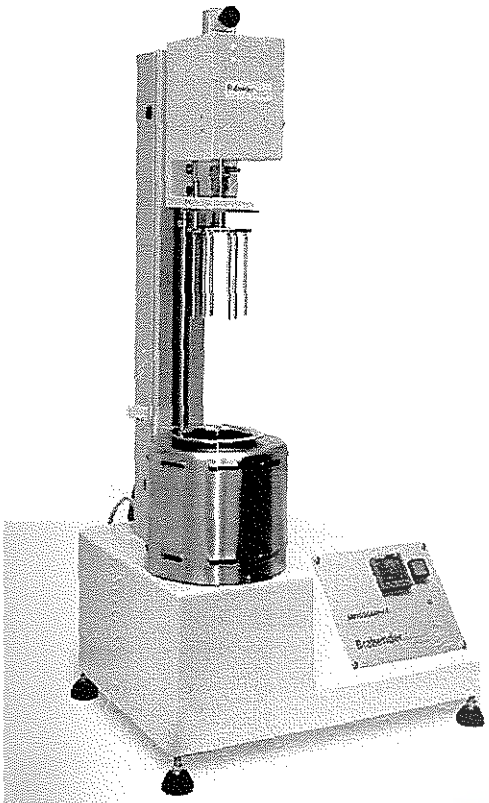
1. Viscograph Pt100
2. Viscograph E
3. Micro Visco-Amylo-Graph
4. Amylograph

Amylograph

วัดคุณสมบัติการเกิดเจล (Gelatinization) และ กิจกรรมของเอ็นไซม์ ของแป้ง: แป้งข้าวสาลี แป้งข้าวไรด์ แป้งข้าว

- มาตรฐาน ICC no. 126/1
- ISO 7973
- มาตรฐาน AACC no. 22-10

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



Moter	Special gear moter
Speed	75 min^{-1}
Measuring spring	700 cmg (other on request)
Temp. Rang	20.....90 °C
Heating power	500 W
Temp. Control	Pt-100 sensor,micro-processor-controlled
Mains	115/230 VAC 50/60 Hz.
Dimensions	(W * H * D) 290 * 740 * 500 mm.
Weight	Approx. 37 kg

ภาพที่ 14 เครื่องมือ Amylograph

คุณสมบัติหลักของการอบแป้งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการเกิดเจล และ กิจกรรมของเอ็นไซม์ (∝-amylase) ของแป้ง ประโยชน์ที่ได้รับจากการประยุกต์ใช้เครื่อง Brabender ซึ่งเป็นเครื่องมือมาตรฐานที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย มีดังนี้

- วัดคุณภาพแป้ง และ สะดวกสำหรับการประยุกต์ใช้
- ตรวจสอบการผลิต และ การผสมแป้งในการบด
- วัดคุณภาพการอบแป้ง (ปริมาณเอ็นไซม์ ∝-amylase, การเกิดเจลสูงสุด, อุณหภูมิในการเกิดเจลสูงสุด)
- ประหยัดเวลาด้วย Rapid Amylogram

หลักการ

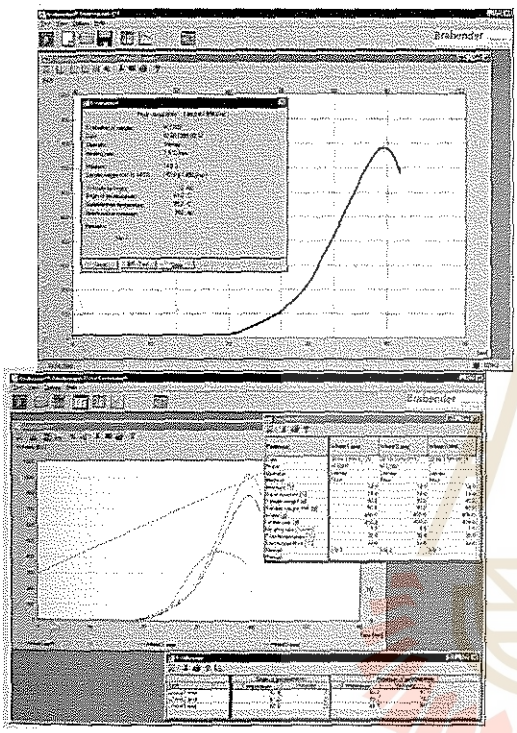
เติมน้ำต่อแป้งที่เป็นสารแขวนลอย ลงในถ้วยหมุน (bowl) ความหนืดขึ้นอยู่กับสารแขวนลอยที่เตรียม ตัวอย่างจะหมุนเบี่ยงเบนไปจาก sensor โดยวัดไปที่ถ้วยหมุนซึ่งจะวัดแรงต้านของสปริง การเบี่ยงเบนนี้เป็นการวัดและบันทึกค่าความหนืด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Rapid Amylogram

ข้อดี

1. เป็นเครื่องมือมาตรฐาน และ เป็นวิธีที่รวดเร็ว
2. ใช้ตัวอย่างปริมาณน้อย
3. ได้ผลลัพธ์ที่รวดเร็ว (5 – 10 นาที)
4. มีความสัมพันธ์กับวิธีมาตรฐาน



Amylogram with evaluation **Data correlation**

Window software

การเลือกตัวเลือกสำหรับการปรับให้เข้ากับสภาวะการทดสอบที่เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด จากนั้นตั้งค่าอุณหภูมิและอุณหภูมิเริ่มต้นสำหรับการทดสอบ (มาตรฐาน ICC: 30°C) สามารถวัดการเริ่มต้นการเกิดเจล การเกิดเจลสูงสุด และ อุณหภูมิการเกิดเจล สำหรับตัวอย่างที่เป็นข้าวไรด์สามารถตรวจสอบค่าจำกัดคุณภาพของขนมปังข้าวไรด์ นอกจากนั้นความสะดวกของโปรแกรมนี้คือสามารถเปรียบเทียบค่าอื่นกับกราฟซึ่งหาค่าได้ง่าย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Micro Visco-Amylo-Graph

วัดคุณสมบัติการเกิดเจลของ starch และ flour

- ใช้ตัวอย่างในปริมาณน้อย
- เป็นวิธีวัดที่รวดเร็ว

Sample volume	110 ml.
Speed	250 min^{-1}
Moter power	50 Hz. :9.4 W, 2.5 A 60 Hz.:10.8 W, 5 A
Heating power	500 W
Mains	230 V, 50/60 Hz., 2.5 A 115 V, 60 Hz., 5 A
Dimensions	(H * W * D) 700 * 430 * 320 mm
Weight	26 kg

ภาพที่ 15 เครื่องมือ Micro Visco-Amylo-Graph

Micro Visco-Amylo-Graph เป็นเครื่องมือใหม่ประเภทของเครื่องมอที่ใช้วัดความหนืด ซึ่งมีจ้อดีดังนี้

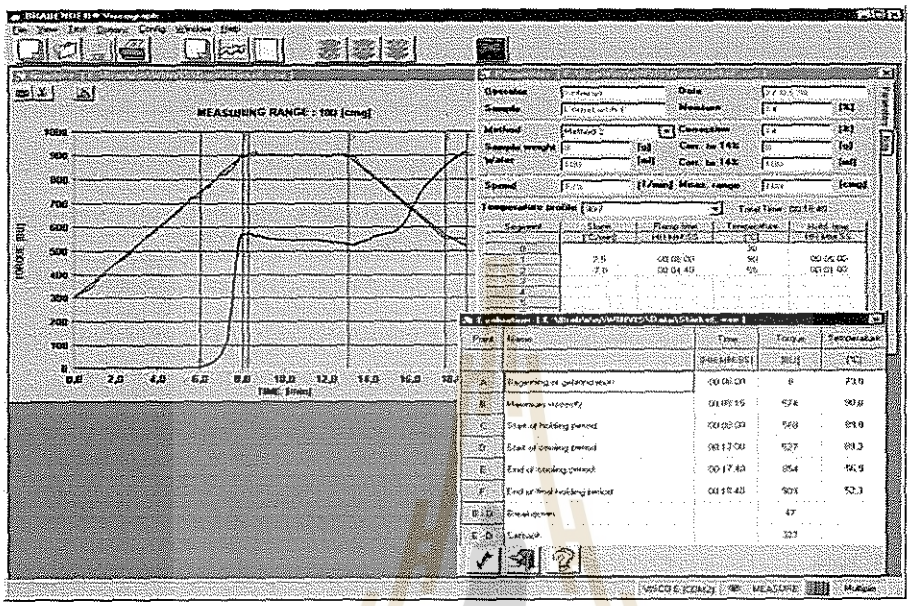
- อัตราการ heating/cooling เพิ่มขึ้น 10 °C/min
- ใช้เวลาในการวัดสั้น
- ใช้ตัวอย่างปริมาณน้อย
- สามารถควบคุมอุณหภูมิได้
- เครื่องมือวัดเป็นระบบอิเล็กทรอนิกส์
- เป็นการวัดอุณหภูมิในตัวอย่าง
- ง่ายต่อการใช้และการทำความสะอาด

หลักการ

Micro Visco-Amylo-Graph ใช้หลักการถ้วยหมุนและกวนให้ตัวอย่างผสมกันจนเครื่องสามารถวัดความเหนียว ลักษณะพิเศษของแท่งกวนคือ จะทำให้เกิดการผสมที่ดีทำให้โมเลกุลของเม็ดแป้งไม่ตกตะกอน เครื่องมือวัดอุณหภูมิจะอยู่ในตัวอย่าง เพื่อทำให้การวัดอุณหภูมิถูกต้อง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ในขณะทำการวัดความหนืด ในระหว่างการให้ความร้อนจะไม่มีการสูญเสียจากการระเหยเนื่องจากมีฝาปิด ถ้วยใส่ตัวอย่างมีขนาดเล็ก ช่วยลดการใช้ตัวอย่าง โดยใช้ตัวอย่างประมาณ 5 – 15 กรัม ต่อน้ำ 110 มิลลิลิตร



การใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ

การใช้ประโยชน์ของ Micro Visco-Amylo-Graph ในด้านอื่นๆสามารถใช้ได้หลายอย่าง จาก เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมสิ่งทอ หรือ อุตสาหกรรมเคมี มีประโยชน์ ดังนี้

- วัดคุณสมบัติการเกิดเจลของแป้ง หรือ แป้งดัดแปร
- วัดคุณสมบัติของเอ็นไซม์ในแป้ง
- หาสภาวะที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ประเภทอัดพองตัว

รายละเอียดทั่วไป

- เป็นเครื่องมือวัดแบบถ้วยหมุน
- วัดโดยใช้ torque sensor
- ควบคุมอุณหภูมิในตัวอย่างด้วย Pt-100 sensor
- ความร้อนได้จากระบบการแผ่ความร้อนจากขดลวดไฟฟ้า
- การลดอุณหภูมิใช้แบบโซลินอยด์วาล์ว
- โปรแกรมควบคุมอุณหภูมิเป็นแบบอิเล็คโทรนิค

Viscograph Pt 100

การประยุกต์ใช้

เครื่องมือวัดความหนืด Viscograph Pt 100 เป็นเครื่องมือที่มีความถูกต้องและแม่นยำสูง สามารถใช้วัดปริมาณความหนืดของแป้งมันสำปะหลัง, แป้งสาลี, แป้งข้าวโพด, แป้งมันฝรั่ง, แป้งข้าวจ้าว และชนิดของแป้งดัดแปรที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมแป้ง ซึ่งชนิดของแป้งดัดแปรเหล่านี้มีคุณสมบัติเป็นrheological ที่มีประโยชน์เฉพาะด้าน

นอกจากนี้ยังเป็นเครื่องมือที่มีความน่าเชื่อถือ มีความเร็วคงที่ และถูกควบคุมการทำงานด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

การประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร

- ใช้วัดการเกิดเจลและคุณสมบัติการเกิดเจลของแป้ง
- ใช้วัดความเหนียวของแป้ง
- ใช้วัดความคงตัวของสารให้ความเหนียว
- ใช้วัดความเสถียรของกรดในแป้ง
- ใช้หาสภาวะที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ประเภทอัดพองตัว

การประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเคมี, ยา, เครื่องสำอาง, เนื้อสัมผัส และอุตสาหกรรมกาว

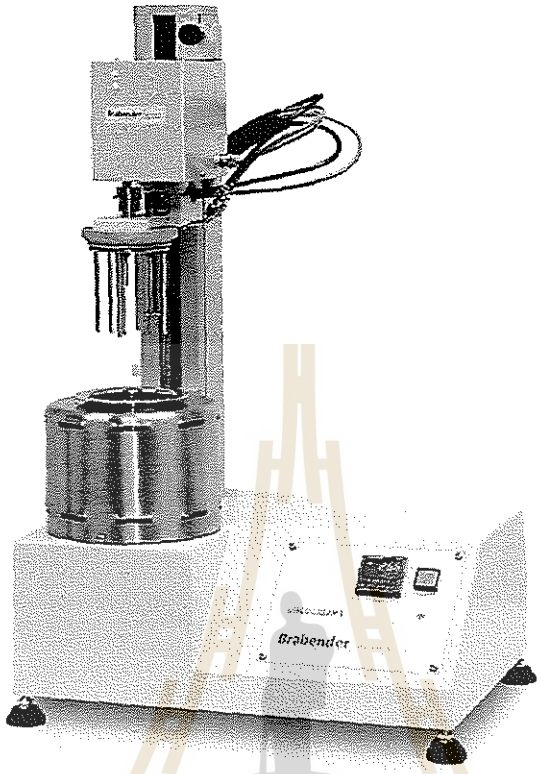
- ใช้วัดความหนืดในอุตสาหกรรมของแป้ง
- ใช้วัดปริมาณของเหลว, สารแขวนลอย และ pastes

ข้อดี

- แปรผลข้อมูลโดยอัตโนมัติ
- สามารถเก็บข้อมูลด้านความแตกต่างของอุณหภูมิได้ถึง 5 ความแตกต่าง
- ความแปรปรวนของความร้อนต่อความเย็นมีอัตราส่วนอยู่ระหว่าง 0.5-5 $^{\circ}$C / min (มาตรฐานอยู่ที่ 1.5-3°C / min)
- การอ่านค่าของอุณหภูมิมีความแม่นยำสูง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Viscograph E รุ่น ICC 169



ภาพที่ 16 เครื่องมือ Viscograph E รุ่น ICC 169

หลักการทำงาน

เครื่องมือวัดความหนืด Viscograph E รุ่น ICC 169 นี้ เป็นเครื่องมือวัดความหนืดของแป้ง ซึ่งถือได้ว่าเป็นเครื่องมือมี่ได้มาตรฐานและมีความนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ตัวอย่างแป้งจะได้รับความร้อนจากการหมุนของจานและถูกทำให้เย็นตัวลงอีกครั้งซึ่งทั้งสองสภาวะจะถูกควบคุมด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ อุณหภูมิที่เหมาะสมจะอยู่ระหว่าง 0.5-3 $^{\circ}$C / min ระดับความคลาดเคลื่อนของตัวอย่างจะเกิดการเบี่ยงเบนซึ่งสามารถวัดออกมาให้อยู่ในรูปของ ทอร์ก

ลักษณะของการใช้งาน

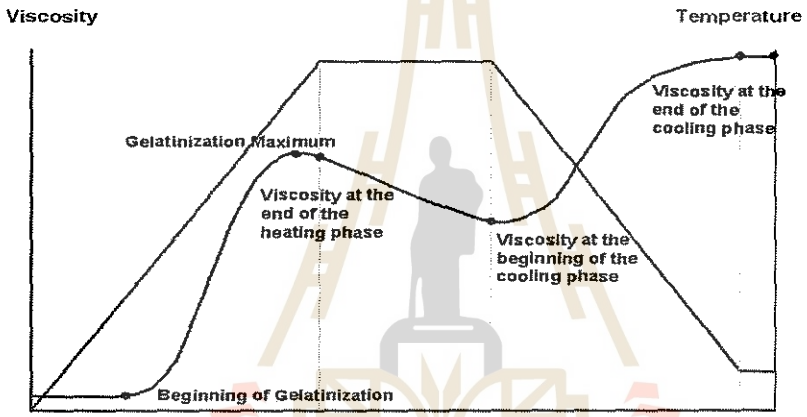
- ใช้ทดสอบผลิตภัณฑ์แบบอัตโนมัติ
- บันทึกค่าอุณหภูมิ (เป็นตัวเลข) ไว้ในโปรแกรมได้
- สามารถควบคุมอุณหภูมิที่เหมาะสมให้อยู่ระหว่าง 0.5-3 $^{\circ}$C / min
- ระดับการเบี่ยงเบนต่ำ
- สเกลของระดับความหนืดมีสภาวะที่เหมาะสม
- การวัดระดับความหนืดมีความสะดวกขึ้นโดยมีการใช้โปรแกรม soft ware เข้ามาช่วย

การประยุกต์ใช้และประโยชน์ที่ได้รับ

- วัดการเกิดเจลและคุณสมบัติของแป้ง
- วัดความคงตัวของแป้ง
- วัดความคงตัวของสารให้ความเหนียว
- ใช้หาสภาวะที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ประเภทอัดพองตัว
- วัดความหนืดในอุตสาหกรรมแป้ง

The Viscogram

เครื่องมือวัดความหนืดรุ่นนี้ได้รับความน่าเชื่อถือและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยมีข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติของ rheological ของวัตถุดิบ, ความแตกต่างของแป้ง, การเกิดเจล, ความหนืดของแป้ง เป็นต้น



การอ่านค่าจากกราฟ

- Beginning of gelatinization
- Gelatinization maximum
- Gelatinization temperature
- Viscosity during holding
- Viscosity at the end of cooling

ข้อมูลความสัมพันธ์

ข้อมูลความสัมพันธ์ของโปรแกรมให้การเปรียบเทียบความหนืดสูงถึง 10 Viscograms โดยทางตรงกันข้ามเราจะสามารถทดสอบได้ที่แต่ละสภาวะและให้ผลที่แตกต่างกันลงในตารางแสดงผล การอ่านค่าของผลลัพธ์สามารถอ่านได้โดยอาศัยข้อมูลทางสถิติเข้าช่วยหรือสามารถอ่านผลได้อย่างรวดเร็วจาก diagram ที่มีความเร็ว 32 bit หลังจากที่มีการทดสอบแล้วข้อมูลทั้งหมดจะถูกแปรผลโดยอัตโนมัติและจะถูกบันทึกในฐานข้อมูล MS Access

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

งานที่ได้รับมอบหมาย

การศึกษาอุณหภูมิและความเข้มข้นของแป้งที่มีผลต่อความหนืดของแป้งมันสำปะหลัง

(Visosity Profile)

การศึกษาอุณหภูมิและความเข้มข้นของแป้งที่มีผลต่อความหนืดของแป้งมันสำปะหลังดัดแปร (Viscosity Profile) เป็นการศึกษาเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแป้ง อุณหภูมิ และความหนืดของแป้ง เพื่อบอกถึงคุณสมบัติของแป้งมันสำปะหลังดัดแปรแต่ละชนิด

ขั้นตอนการปฏิบัติ

ปัจจัยหลักของการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้ง คือ อุณหภูมิและความเข้มข้น ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาแป้งมันสำปะหลังดัดแปร 11 ชนิด ซึ่งทำการวัดโดยใช้เครื่อง Brookfield Viscometer ชนิด RVD และ LVD โดยทำการวัดความหนืดของแป้งที่ระดับความเข้มข้น 8%, 10%, 12%, 15%, 20%, 25%, 30% โดยในแต่ละความเข้มข้นทำการ Cooking สารละลายแป้งที่อุณหภูมิ 95°C เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นทำการวัดความหนืดที่อุณหภูมิ 80, 75, 70, 65, 60, 55, 50, 45, 40, 35, 30 °C ซึ่งTotal รวมเมื่อใช้ Brookfield Viscometer ชนิด RVDมีค่า Total เท่ากับ 360 กรัม และ Brookfield Viscometer ชนิด LVD มีค่า Total เท่ากับ 500 กรัม

ผลการทดลอง

ตารางที่ 3 แสดงผลค่าความหนืดของแป้ง SW-7700 ด้วยเครื่องมือ Brookfield Viscometer ชนิด LVD

Concentration / Temp.(°C)	8%	10%	12%	15%	20%	25%	30%
80	4.2	5.4	6.4	8.9	17.8	36.1	-
75	4.6	5.8	6.7	9.7	19.5	40.9	-
70	4.9	6.2	7.0	10.4	22.9	48.3	-
65	5.3	6.8	7.6	11.2	26.7	54.4	-
60	5.5	7.2	9.2	12.6	30.1	64.4	-
55	5.7	7.9	9.9	14.5	34.9	76.8	-
50	6.4	8.6	10.4	17.3	39.8	89.9	-
45	6.8	9.2	12.4	20.2	45.7	95.4	-
40	7.5	10.6	13.2	22.7	54.2	102.5	-
35	8.5	11.4	15.6	27.0	58.9	165.5	-
30	9.2	11.8	17.5	32.0	76.9	-	-

ตารางที่ 4 แสดงผลค่าความหนืดของแป้ง SW-0520 ด้วยเครื่องมือ Brookfield Viscometer ชนิด LVD

Concentration / Temp.(°C)	8%	10%	12%	15%	20%	25%	30%
80	3.4	5.1	6.5	10.0	19.4	43.3	93.1
75	4.7	5.6	6.8	10.6	21.5	49.2	94.5
70	4.9	5.7	7.4	11.5	25.0	58.3	112.5
65	5.4	6.2	7.9	14.1	29.1	73.0	147.5
60	5.5	7.1	8.8	14.9	34.1	80.2	177.0
55	6.2	7.6	10.1	17.7	39.8	81.5	209.0
50	6.3	8.0	10.8	19.9	45.9	102.5	264.4
45	6.8	9.2	12.2	22.7	55.7	123.5	369.4
40	7.2	9.8	13.6	25.8	67.7	164.5	463.9
35	7.9	10.9	16.2	30.7	83.3	215.5	627.9
30	8.8	13.3	19.1	38.5	90.5	288.0	889.8

ตารางที่ 5 แสดงผลค่าความหนืดของแป้ง SW- 0300 ด้วยเครื่องมือ Brookfield Viscometer ชนิด LVD

Concentration / Temp.(°C)	8%	10%	12%	15%	20%	25%	30%
80	6.6	9.1	12.4	23.2	62.4	162.5	388.9
75	6.9	9.7	13.7	25.6	67.8	174.5	654.9
70	7.5	11.4	15.7	29.1	87.8	240.4	1248.0
65	11.2	13.2	17.8	35.4	92.5	359.9	-
60	10.8	15.2	19.8	43.5	120.5	1980.0	-
55	11.1	16.8	30.1	57.6	286.9	-	-
50	12.1	20.6	30.6	85.5	4849.0	-	-
45	13.5	22.6	40.8	151.4	-	-	-
40	15.2	30.5	69.8	847.8	-	-	-
35	17.4	39.1	276.4	2498.0	-	-	-
30	21.5	71.8	667.9	-	-	-	-

ตารางที่ 6 แสดงผลค่าความหนืดของแป้ง SW-2200 ด้วยเครื่องมือ Brookfield Viscometer ชนิด LVD

Concentration / Temp.(°C)	8%	10%	12%	15%	20%	25%	30%
80	38.3	76.4	110.5	215.5	1098.0	-	-
75	39.8	82.1	115.5	223.4	-	-	-
70	53.4	84.5	123.0	246.9	-	-	-
65	60.9	86.5	135.8	354.2	-	-	-
60	63.8	101.5	174.0	501.4	-	-	-
55	65.7	129.5	230.5	1810.0	-	-	-
50	72.5	153.5	314.9	-	-	-	-
45	84.8	195.5	1054.0	-	-	-	-
40	114.0	801.8	-	-	-	-	-
35	123.0	1178.0	-	-	-	-	-
30	415.0	-	-	-	-	-	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 7 แสดงผลค่าความหนืดของแป้ง SW-2210 ด้วยเครื่องมือ Brookfield Viscometer ชนิด LVD

Concentration / Temp.(°C)	8%	10%	12%	15%	20%	25%	30%
80	28.3	49.8	80.0	142.5	386.9	1894.0	-
75	29.5	51.6	83.9	154.5	488.4	-	-
70	32.0	56.5	97.8	184.0	979.8	-	-
65	38.8	73.5	93.5	206.5	1250.0	-	-
60	40.7	81.4	108.5	239.4	-	-	-
55	45.8	86.2	123.5	265.9	-	-	-
50	50.0	92.3	133.0	293.9	-	-	-
45	54.6	87.5	145.5	315.9	-	-	-
40	60.9	99.0	161.5	359.0	-	-	-
35	68.3	111.5	189.5	422.9	-	-	-
30	78.2	128.0	230.5	533.9	-	-	-

ตารางที่ 8 แสดงผลค่าความหนืดของแป้ง SW-2110 ด้วยเครื่องมือ Brookfield Viscometer ชนิด LVD

Concentration / Temp.(°C)	8%	10%	12%	15%	20%	25%	30%
80	459.9	785.8	1420.5	-	-	-	-
75	534.9	851.8	-	-	-	-	-
70	607.9	936.5	-	-	-	-	-
65	691.8	1042.0	-	-	-	-	-
60	719.8	-	-	-	-	-	-
55	811.8	-	-	-	-	-	-
50	845.8	-	-	-	-	-	-
45	865.9	-	-	-	-	-	-
40	912.8	-	-	-	-	-	-
35	1038.0	-	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 9 แสดงผลค่าความหนืดของแป้ง SW-2400 ด้วยเครื่องมือ Brookfield Viscometer ชนิด LVD

Concentration / Temp.(°C)	8%	10%	12%	15%	20%	25%	30%
80	4.2	5.8	8.6	14.2	30.5	80.6	148.0
75	5.0	6.5	9.9	15.4	34.9	91.1	210.5
70	5.2	7.2	10.5	17.4	43.6	94.5	301.4
65	5.9	7.9	11.6	18.9	53.4	105.5	326.4
60	6.1	8.1	13.0	21.3	67.2	152.0	710.8
55	6.5	9.2	15.1	26.5	82.0	239.9	1606.0
50	7.6	10.5	16.5	31.0	83.0	472.9	-
45	8.3	11.9	19.1	36.8	123.5	1820.5	-
40	9.2	13.6	22.8	50.9	215.0	-	-
35	12.3	16.8	30.5	79.0	1068.0	-	-
30	12.8	18.4	34.0	105.5	-	-	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 10 แสดงผลค่าความหนืดของแป้ง SW-3210 ด้วยเครื่องมือ Brookfield Viscometer ชนิด LVD

Concentration / Temp.(°C)	8%	10%	12%	15%	20%	25%	30%
80	71.0	109.0	154.0	224.0	603.0	3882.0	-
75	83.0	144.0	175.5	236.8	889.5	-	-
70	84.0	172.0	176.0	294.4	947.0	-	-
65	84.5	178.0	178.0	340.3	1060.0	-	-
60	92.0	183.5	182.0	459.6	-	-	-
55	88.5	186.0	187.5	505.5	-	-	-
50	90.5	190.0	240.3	561.0	-	-	-
45	95.0	185.5	268.7	795.0	-	-	-
40	104.5	194.5	280.4	859.0	-	-	-
35	118.5	195.0	295.9	887.5	-	-	-
30	124.0	196.5	310.2	909.0	-	-	-

ตารางที่ 11 แสดงผลค่าความหนืดของแป้ง SW-2300 ด้วยเครื่องมือ Brookfield Viscometer ชนิด LVD

Concentration / Temp.(°C)	8%	10%	12%	15%	20%	25%	30%
80	12.5	16.4	30.2	54.9	130.5	370.4	2582.0
75	12.9	19.0	30.5	57.4	144.5	958.5	-
70	13.1	21.3	33.3	64.9	166.5	1868.0	-
65	14.5	27.3	38.6	80.1	282.9	-	-
60	15.0	29.1	42.6	126.5	987.5	-	-
55	16.4	32.3	52.5	207.5	5350.0	-	-
50	19.6	35.1	70.0	707.8	6250.5	-	-
45	23.1	46.4	132.5	4526.0	-	-	-
40	28.2	73.4	468.9	-	-	-	-
35	38.8	258.9	1098.0	-	-	-	-
30	46.5	549.9	-	-	-	-	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 12 แสดงผลค่าความหนืดของแป้ง SW-2300 ด้วยเครื่องมือ Brookfield Viscometer ชนิด RVD

Concentration Temp.(°C)	8%	10%	12%	15%	20%	25%	30%
80	20.3	26.0	34.8	49.5	98.5	236.7	888.0
75	21.0	26.5	35.5	53.3	112.8	586.7	1665.0
70	21.5	27.5	37.2	56.5	133.3	1237.0	-
65	23.7	29.5	44.5	61.8	188.0	-	-
60	24.8	34.2	46.7	70.5	1162.0	-	-
55	26.7	34.8	47.7	92.7	-	-	-
50	32.2	39.8	56.2	215.3	-	-	-
45	32.4	41.3	74.3	918.0	-	-	-
40	36.2	47.0	922.0	2640.0	-	-	-
35	43.3	56.2	1683.0	-	-	-	-
30	46.8	70.3	-	-	-	-	-

ตารางที่ 13 แสดงผลค่าความหนืดของแป้ง SW-2200 ด้วยเครื่องมือ Brookfield Viscometer ชนิด RVD

Concentration Temp.(°C)	8%	10%	12%	15%	20%	25%	30%
80	81.3	125.0	371.3	530.0	3323.0	-	-
75	86.5	165.0	387.2	1155.0	-	-	-
70	91.8	170.0	394.0	1380.0	-	-	-
65	96.0	183.3	511.3	-	-	-	-
60	106.2	231.3	627.3	-	-	-	-
55	125.2	244.0	793.0	-	-	-	-
50	125.7	287.3	802.0	-	-	-	-
45	128.2	370.7	1040.0	-	-	-	-
40	383.3	1018.0	2277.0	-	-	-	-
35	424.0	-	-	-	-	-	-
30	475.3	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 14 แสดงผลค่าความหนืดของแป้ง SW-3200 ด้วยเครื่องมือ Brookfield Viscometer ชนิด RVD

Concentration Temp.(°C)	8%	10%	12%	15%	20%	25%	30%
80	107.3	206.7	224.0	1253.0	-	-	-
75	112.0	209.3	248.0	2167.0	-	-	-
70	113.5	213.3	300.0	-	-	-	-
65	114.3	232.7	306.7	-	-	-	-
60	117.8	254.0	310.7	-	-	-	-
55	118.7	255.3	368.0	-	-	-	-
50	130.8	287.3	650.7	-	-	-	-
45	152.8	299.3	753.3	-	-	-	-
40	160.0	360.0	2357.0	-	-	-	-
35	261.3	396.7	-	-	-	-	-
30	318.0	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 15 แสดงผลค่าความหนืดของแป้ง SW-2210 ด้วยเครื่องมือ Brookfield Viscometer ชนิด RVD

Concentration Temp.(°C)	8%	10%	12%	15%	20%	25%	30%
80	43.5	56.2	82.8	139.0	316.7	928.0	-
75	43.7	61.3	88.3	154.0	350.7	952.0	-
70	44.3	63.5	91.2	160.7	366.7	1353.0	-
65	46.8	65.8	94.5	180.7	414.7	1663.0	-
60	48.2	67.5	97.0	189.3	471.3	2372.0	-
55	53.5	76.3	97.8	199.3	507.3	-	-
50	57.5	78.0	104.8	201.3	562.0	-	-
45	58.2	83.5	119.3	234.0	598.7	-	-
40	61.7	89.3	125.5	246.7	723.0	-	-
35	66.2	97.8	136.7	270.0	845.0	-	-
30	73.0	108.3	155.7	294.6	927.0	-	-

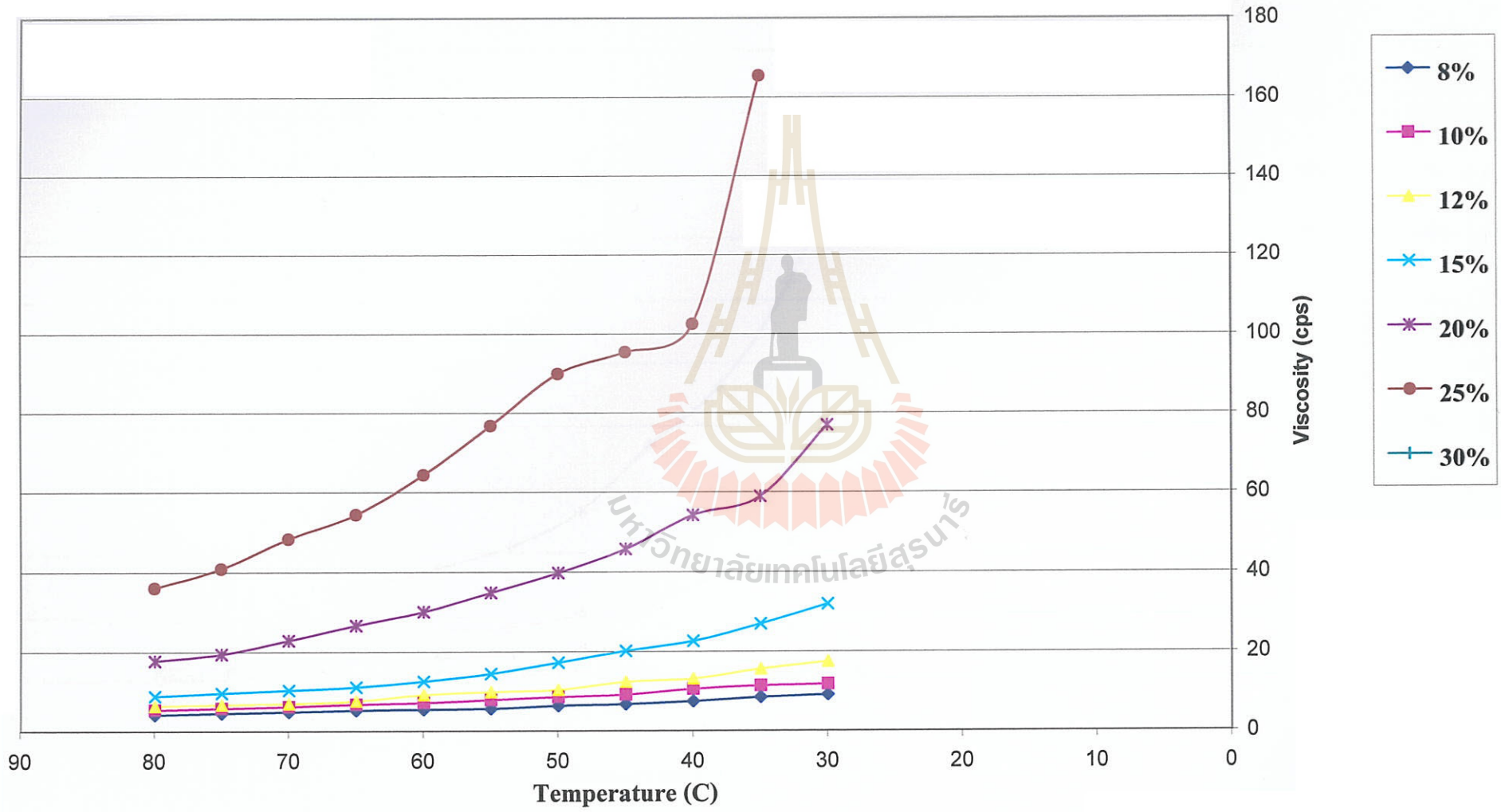
ตารางที่ 16 แสดงผลค่าความหนืดของแป้ง SW-3210 ด้วยเครื่องมือ Brookfield Viscometer ชนิด RVD

Concentration Temp.(°C)	8%	10%	12%	15%	20%	25%	30%
80	76.0	134.2	201.0	301.3	2493.0	-	-
75	88.7	142.7	226.0	330.7	-	-	-
70	89.7	162.7	244.0	376.7	-	-	-
65	97.7	172.7	249.3	386.7	-	-	-
60	101.3	174.7	252.8	450.0	-	-	-
55	107.5	186.0	256.0	565.0	-	-	-
50	111.2	194.0	258.7	693.0	-	-	-
45	123.3	197.3	262.2	705.0	-	-	-
40	130.5	201.3	278.0	840.0	-	-	-
35	131.7	216.0	424.0	1108.0	-	-	-
30	142.0	234.7	501.3	1195.0	-	-	-

ตารางที่ 17 แสดงผลค่าความหนืดของแป้ง SW-0430 ด้วยเครื่องมือ Brookfield Viscometer ชนิด RVD

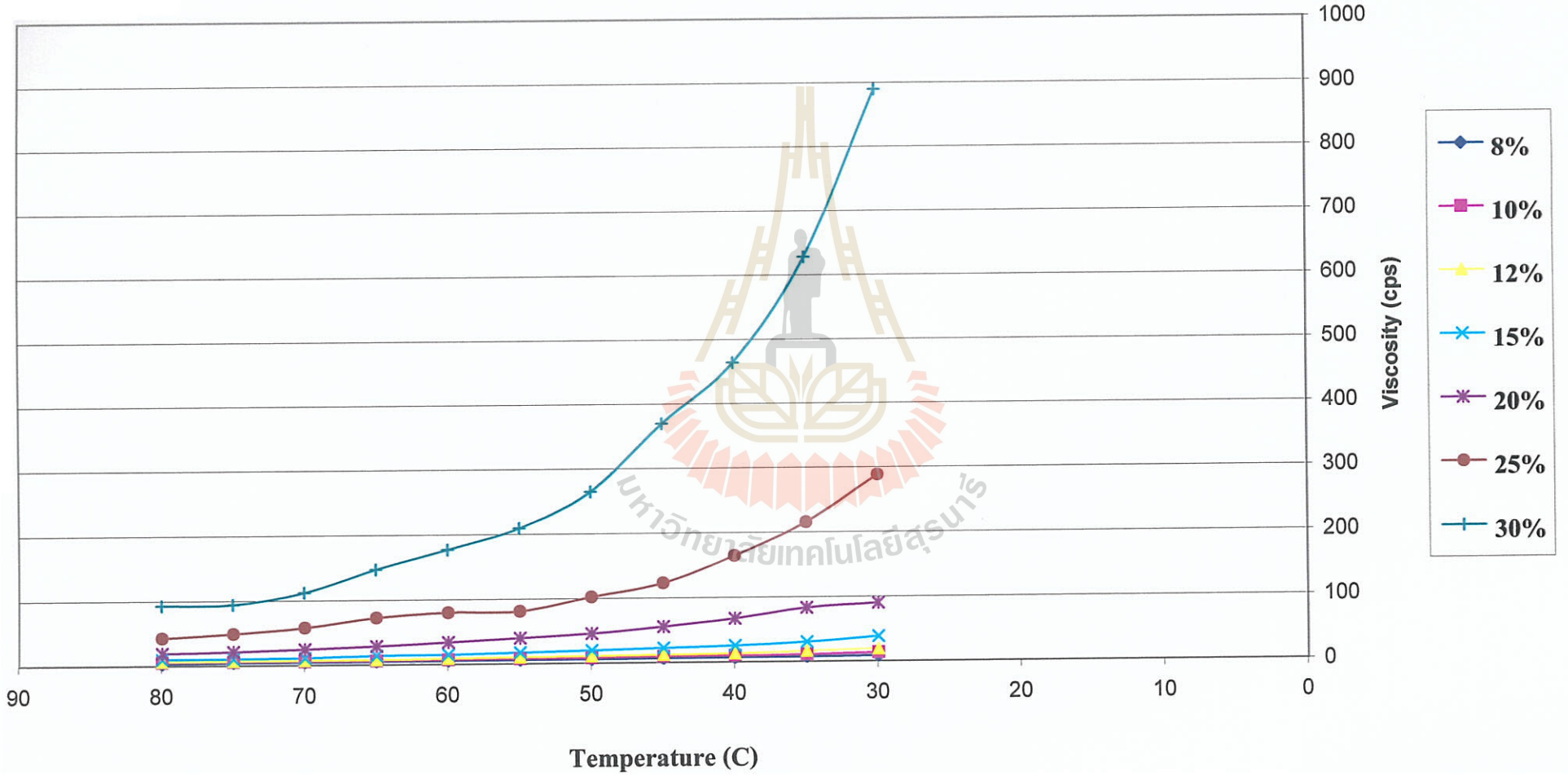
Concentration Temp.(°C)	8%	10%	12%	15%	20%	25%	30%
80	11.8	13.7	17.5	23.8	35.8	60.3	107.5
75	12.7	15.7	18.5	24.5	38.5	66.8	120.5
70	13.2	16.2	19.2	26.0	41.3	78.3	154.7
65	13.7	16.8	20.2	28.0	47.3	81.5	162.7
60	14.7	19.5	22.0	30.2	48.7	97.8	184.0
55	15.7	19.8	24.7	35.5	54.5	118.8	221.3
50	16.3	21.3	25.0	34.5	61.0	139.0	266.7
45	17.3	22.8	26.7	36.3	68.2	144.2	326.0
40	18.2	24.8	28.7	41.2	77.2	166.2	413.3
35	21.2	25.0	30.8	46.5	95.5	215.3	519.3
30	22.2	28.8	33.5	49.5	109.2	254.7	798.0

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืด,อุณหภูมิและความเข้มข้นของแป้ง SW-7700ซึ่งวัดจากเครื่อง LVD



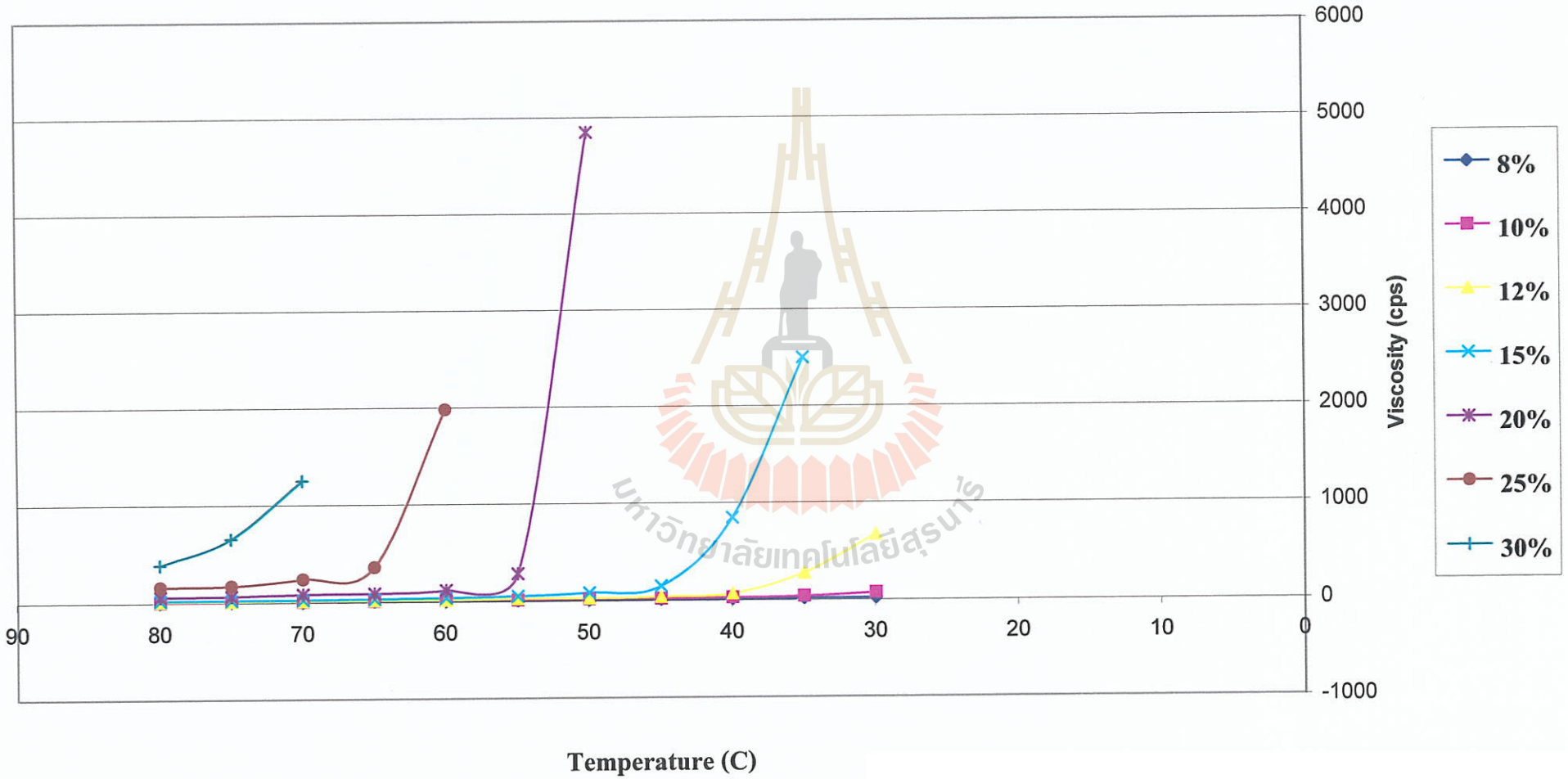
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืด,อุณหภูมิและความเข้มข้นของแป้งSW-0520ซึ่งวัดจากเครื่อง LVD



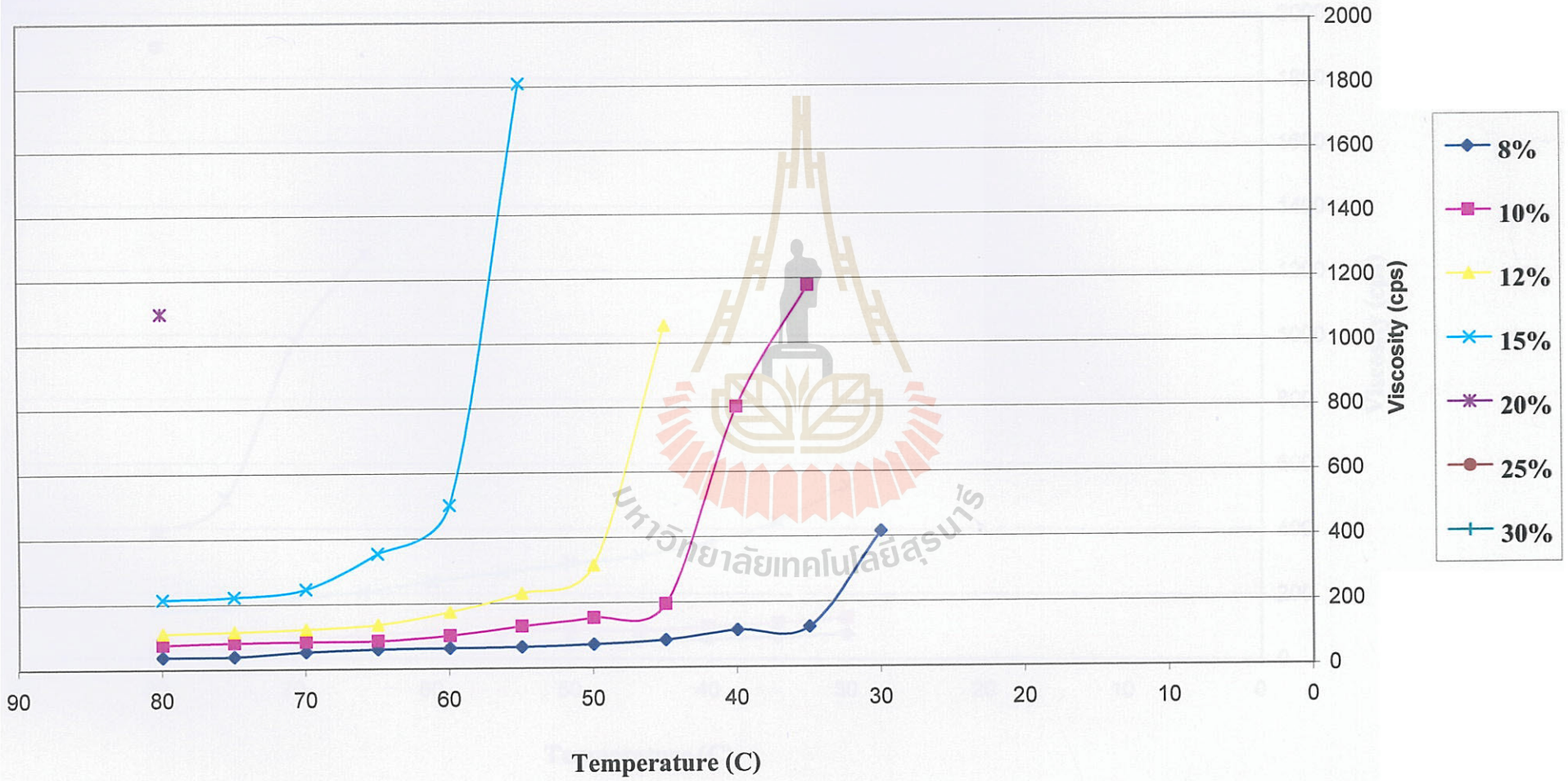
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืด,อุณหภูมิและความเข้มข้นของแป้งSW-0300 ซึ่งวัดจากเครื่อง LVD



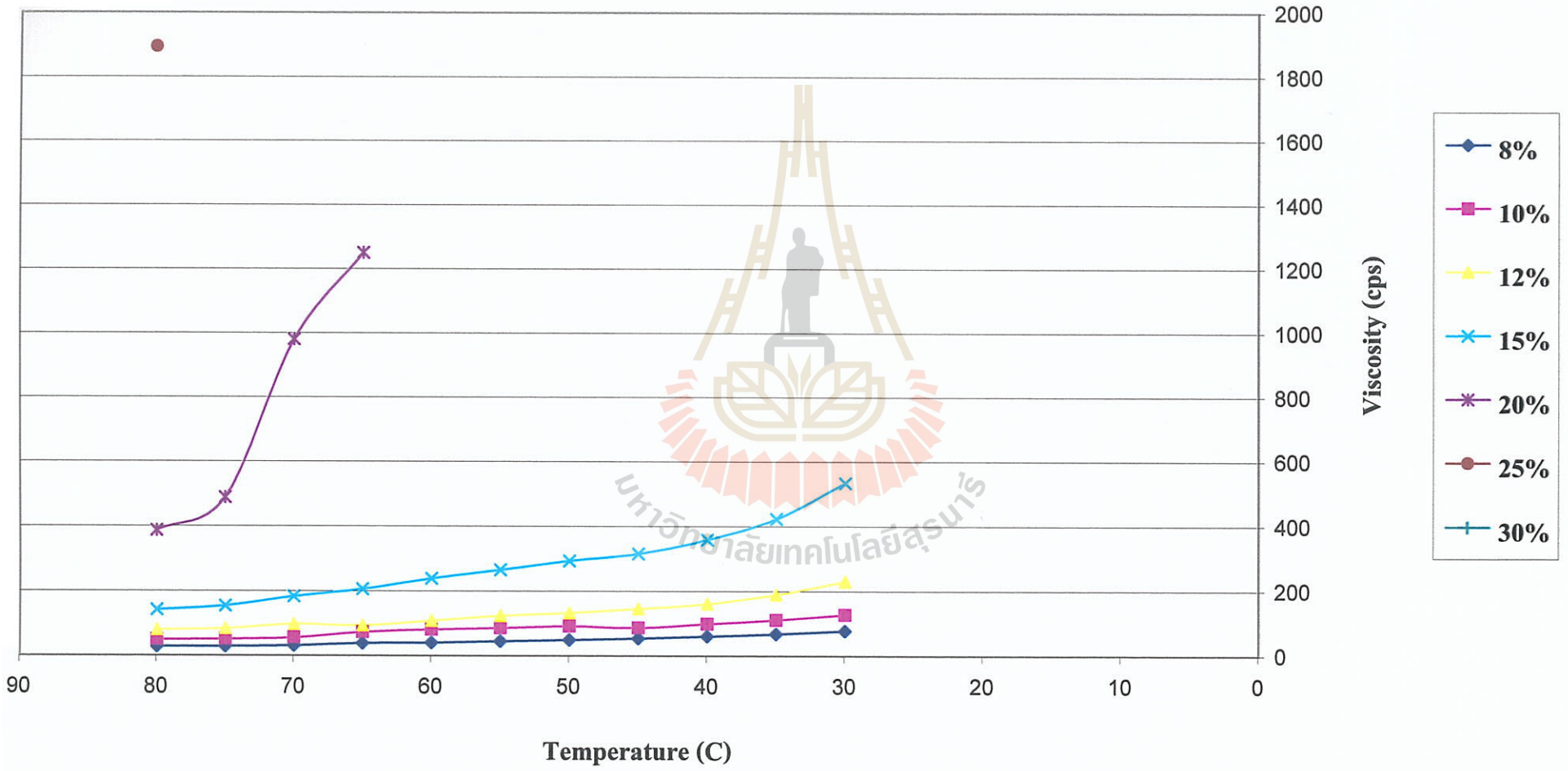
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืด,อุณหภูมิและความเข้มข้นของแป้ง SW-2200 ซึ่งวัดจากเครื่อง LVD



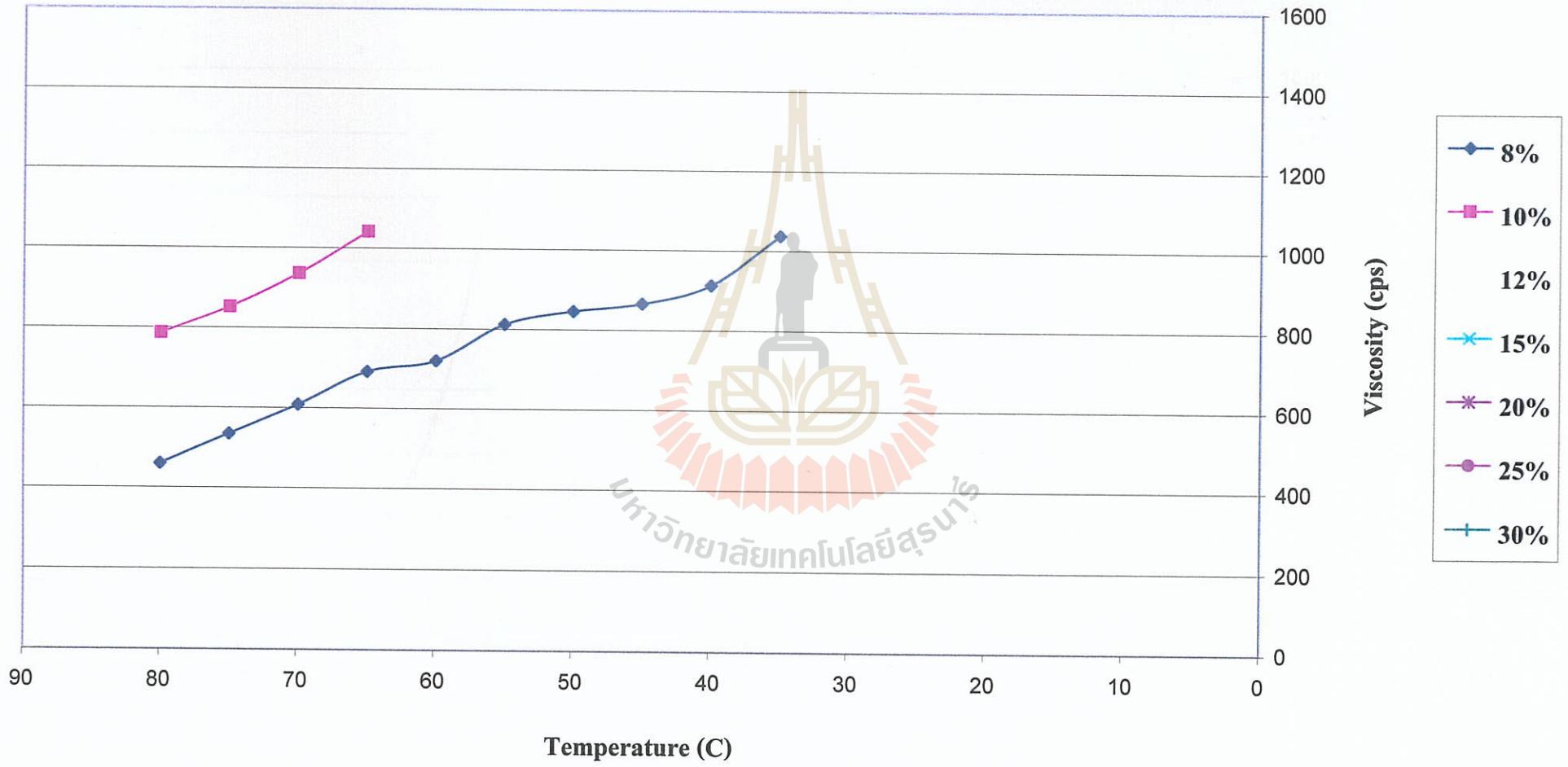
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืด,อุณหภูมิและความเข้มข้นของแป้ง SW-2210 ซึ่งวัดด้วยเครื่อง LVD



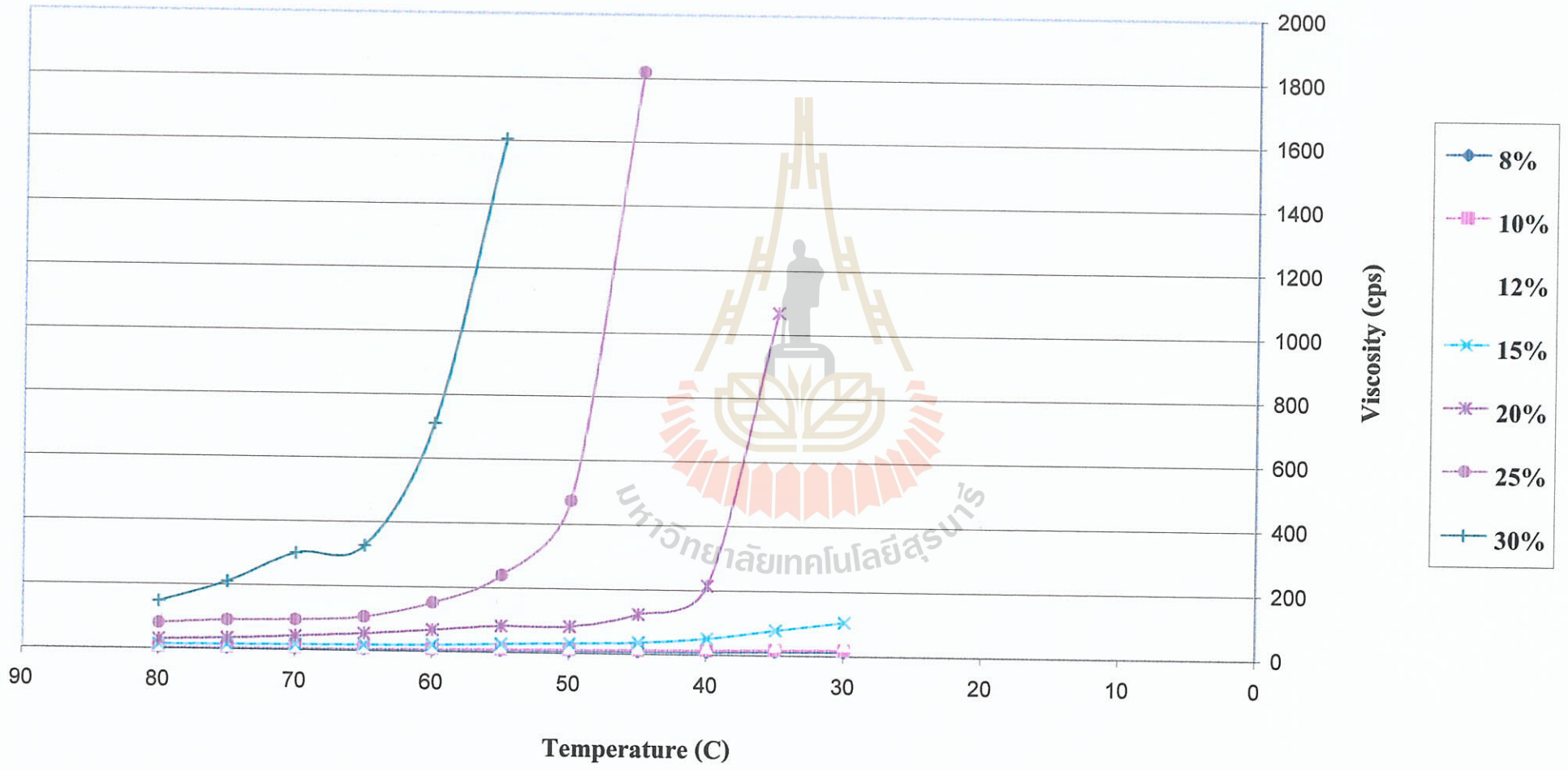
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืด,อุณหภูมิและความเข้มข้นของแป้ง SW-2110ซึ่งวัดด้วยเครื่อง LVD



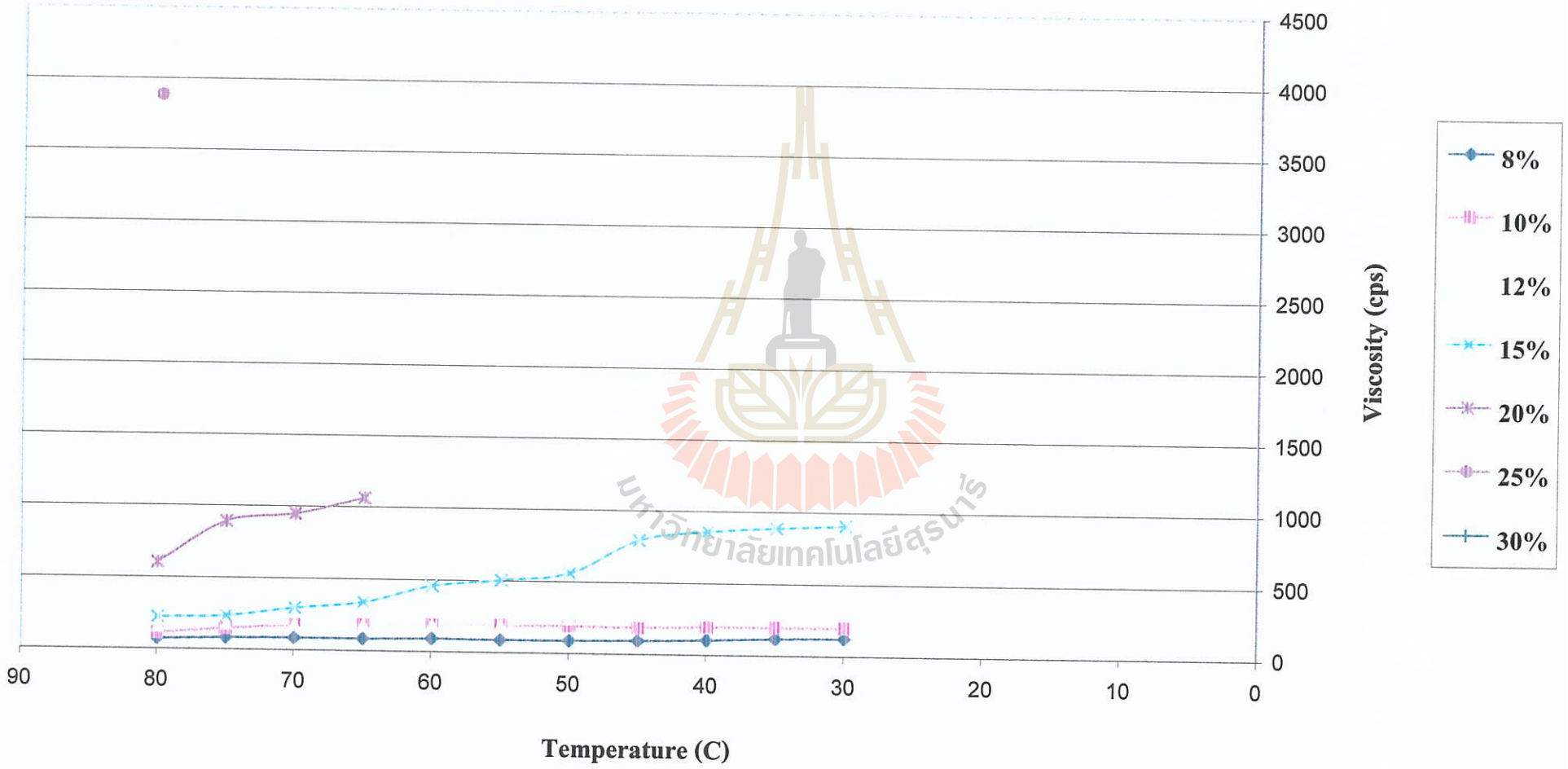
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืด,อุณหภูมิและความเข้มข้นของแป้ง SW-2400ซึ่งวัดด้วยเครื่อง LVD



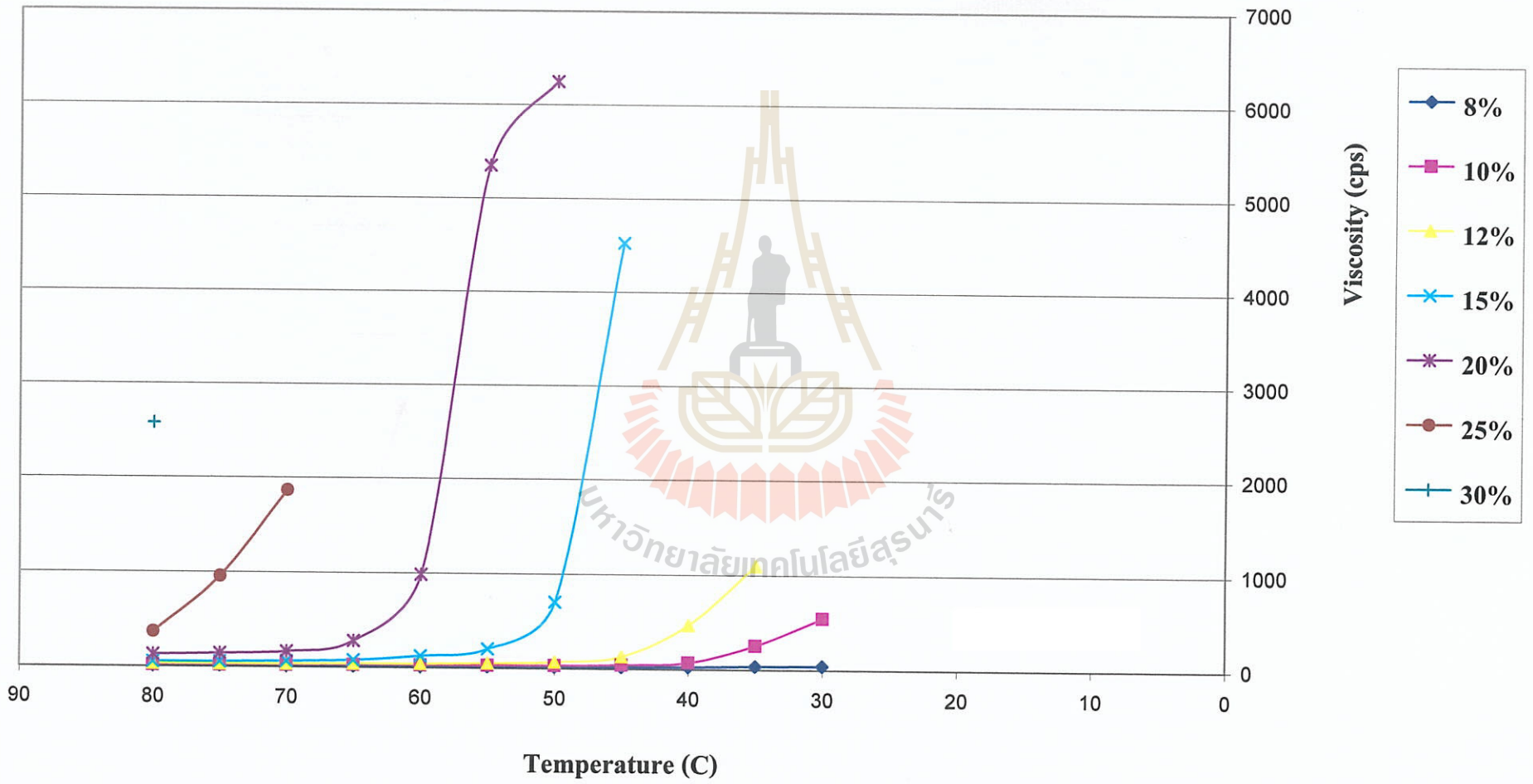
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืด,อุณหภูมิและความเข้มข้นของแป้ง SW-3210ซึ่งวัดด้วยเครื่อง LVD



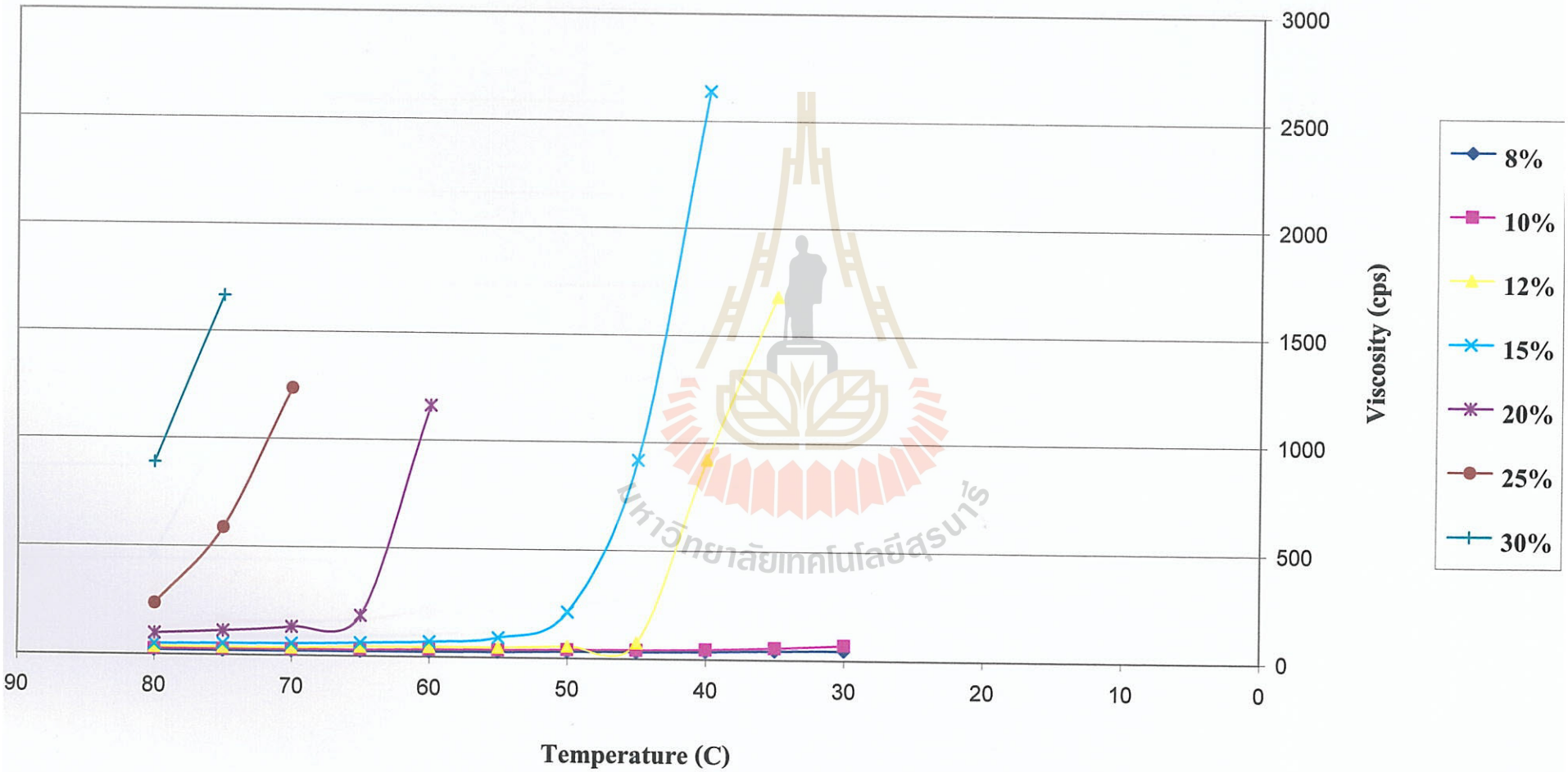
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืด,อุณหภูมิและความเข้มข้นของแป้ง SW-2300ซึ่งวัดด้วยเครื่อง LVD



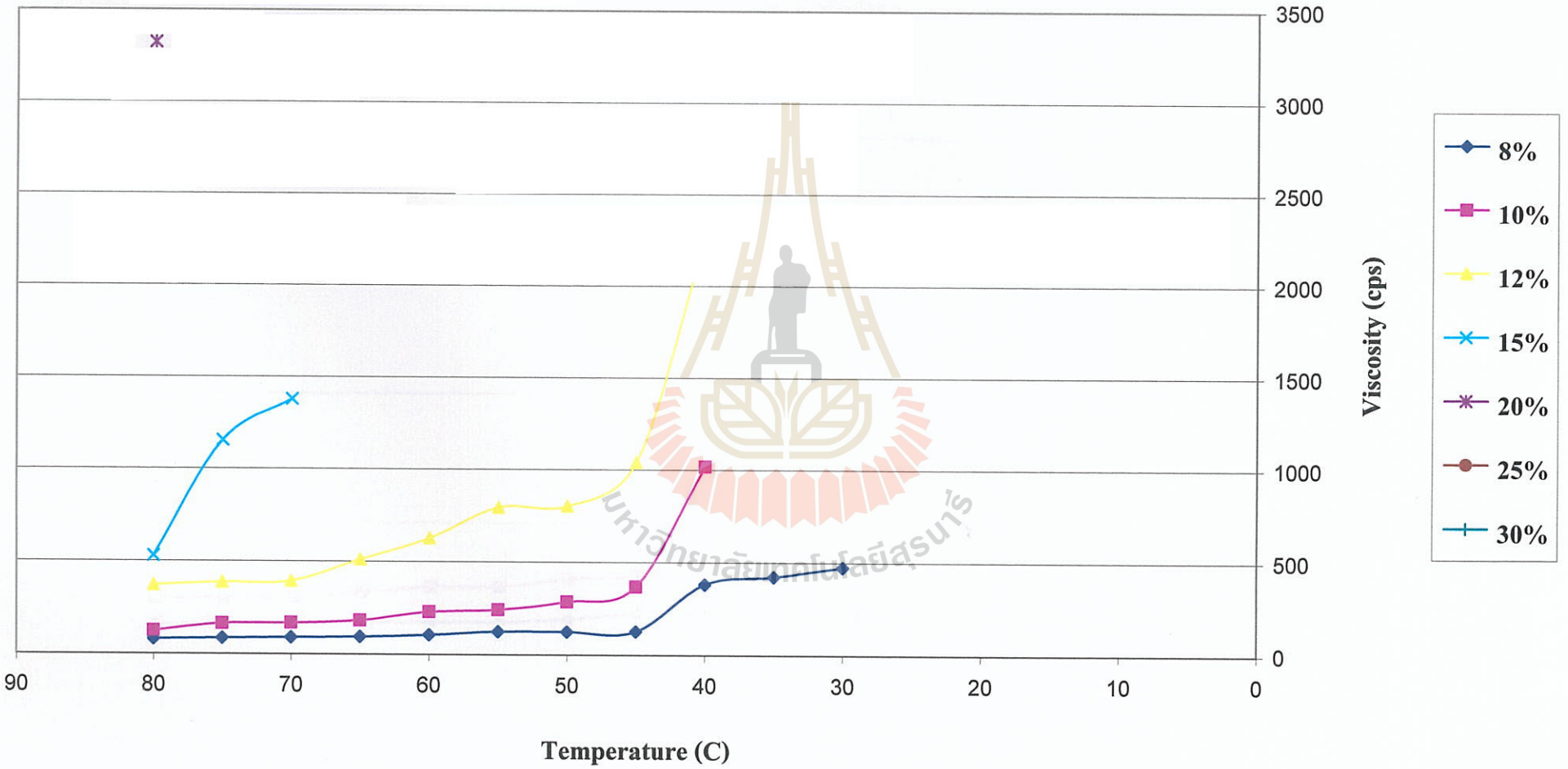
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืด,อุณหภูมิ และความเข้มข้นของแป้ง SW-2300 ซึ่งวัดด้วยเครื่อง RVD



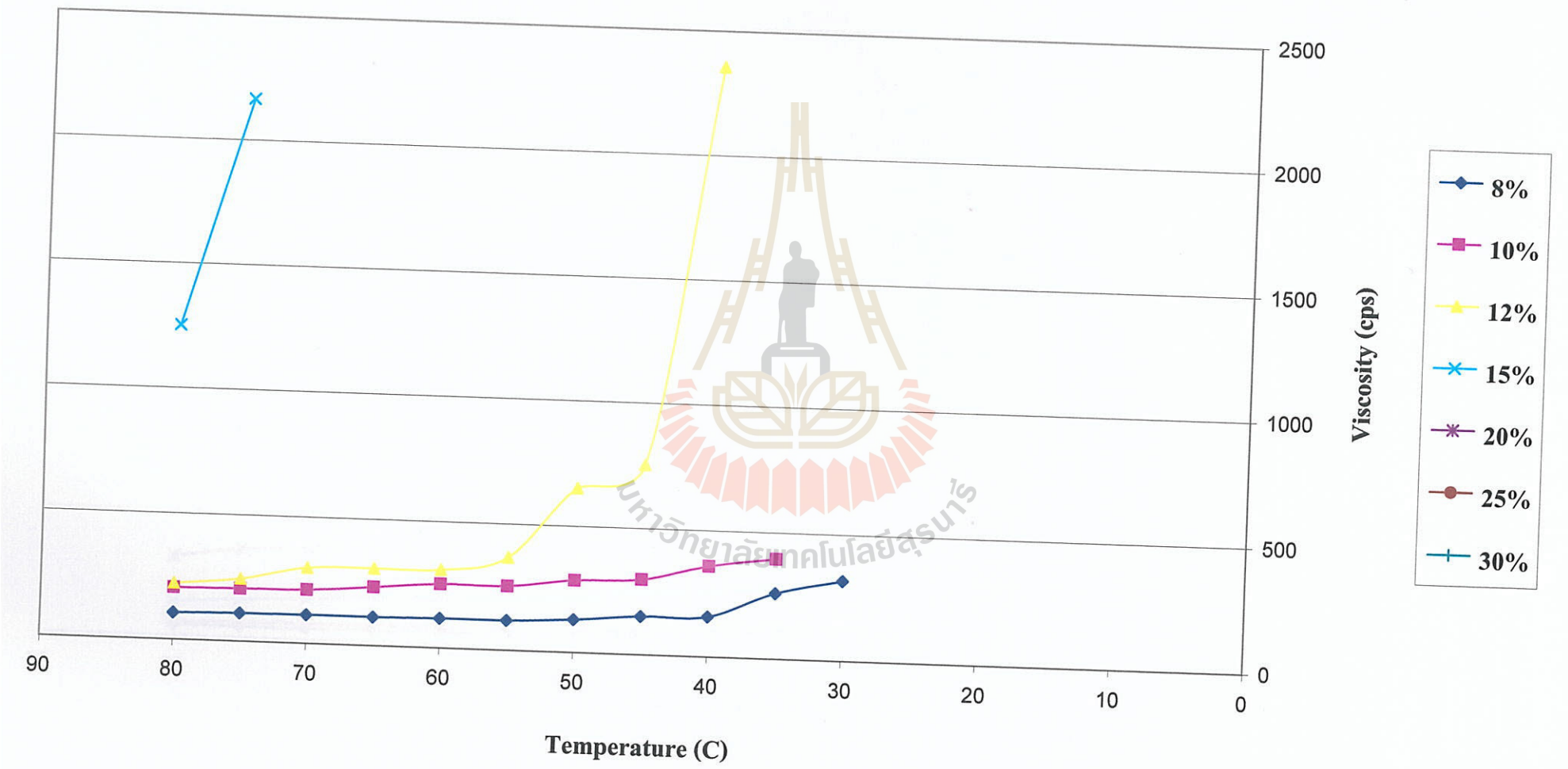
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืด,อุณหภูมิ และความเข้มข้นของแป้ง SW-2200ซึ่งวัดด้วยเครื่อง RVD



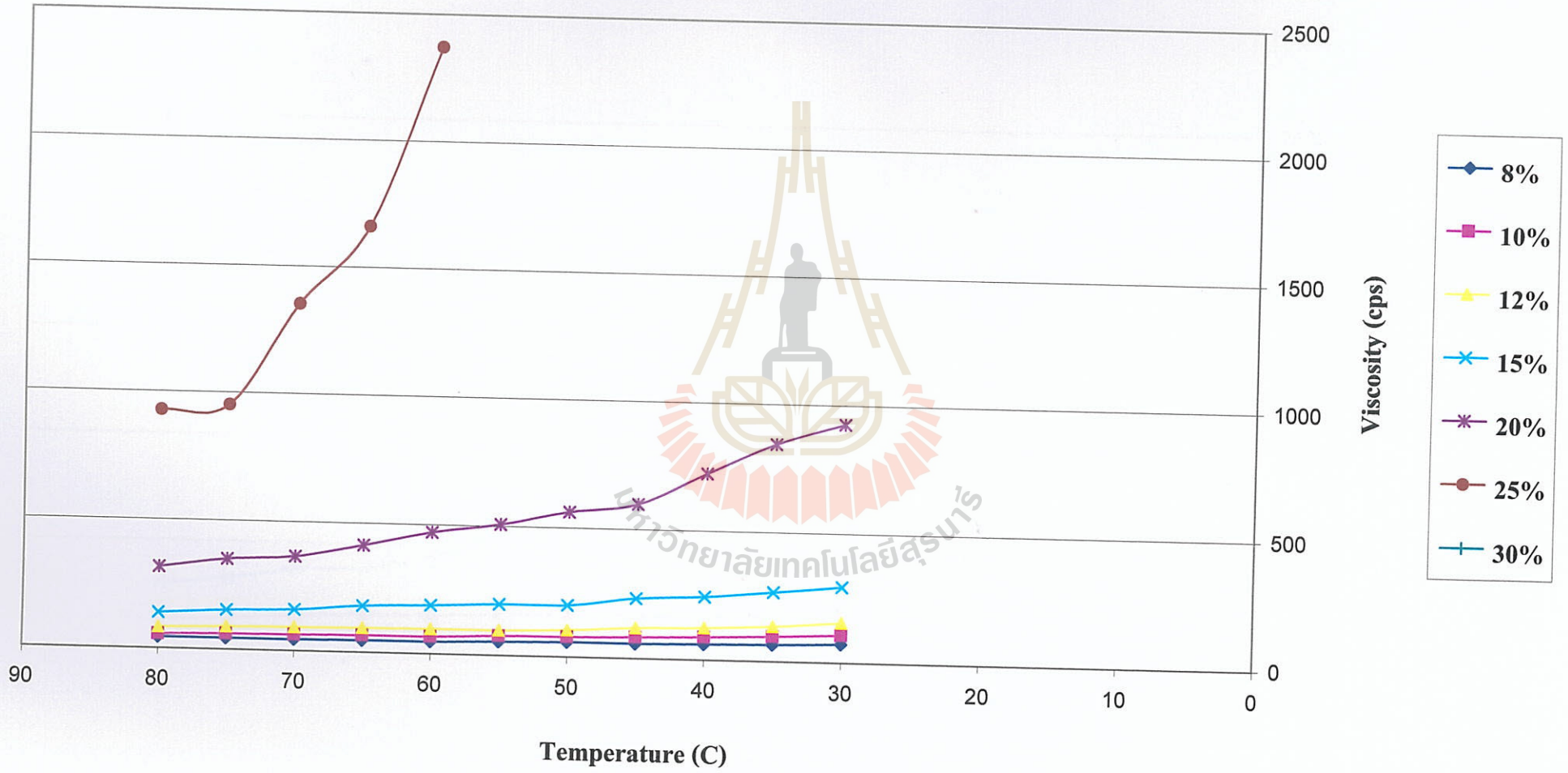
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืด,อุณหภูมิ และความเข้มข้นของแป้ง SW-3200ซึ่งวัดด้วยเครื่อง RVD



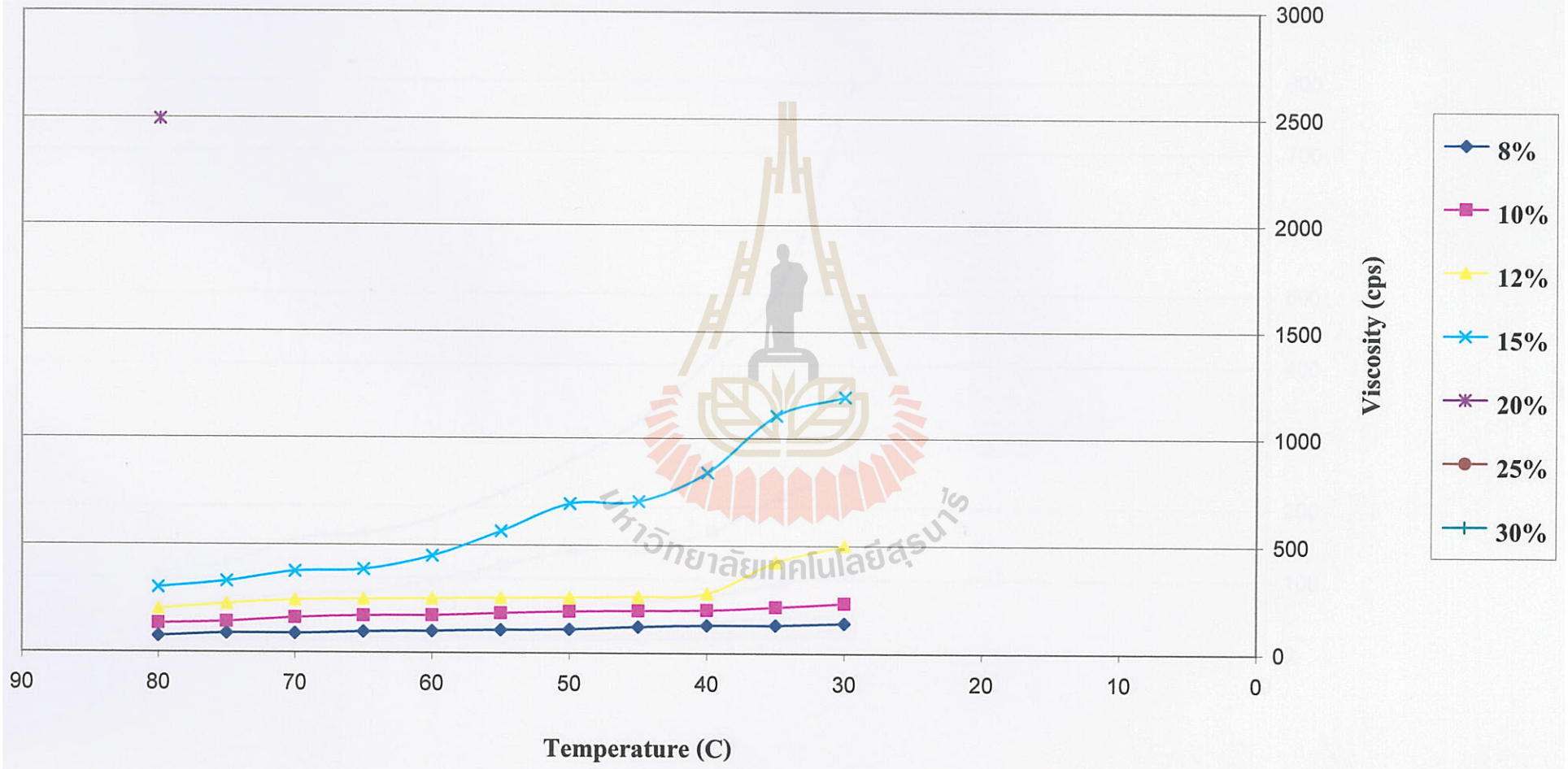
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืด,อุณหภูมิและความเข้มข้นของแป้ง SW-2210ซึ่งวัดด้วยเครื่อง RVD



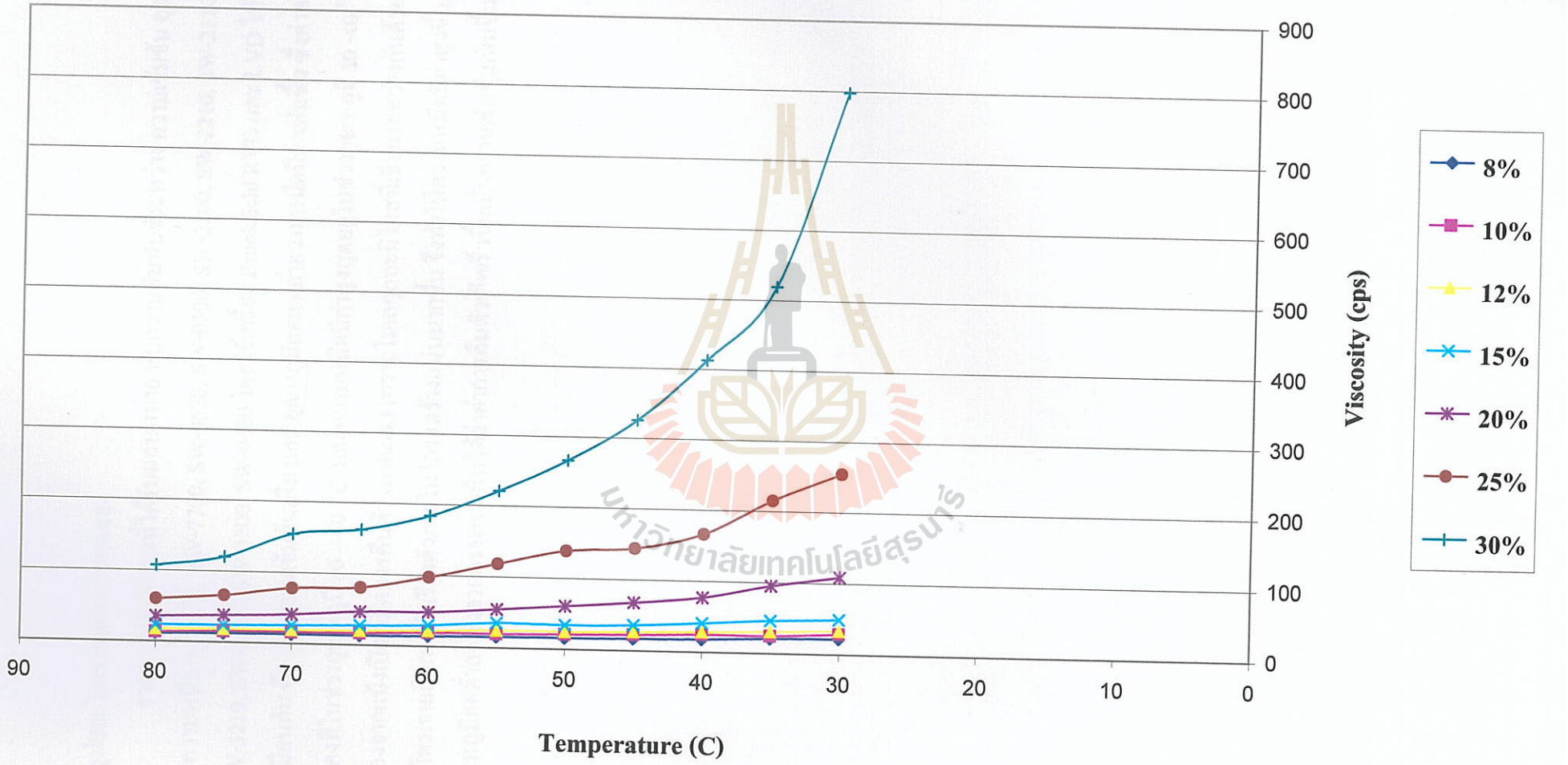
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าควมหนืด,อุณหภูมิและความเข้มข้นของแป้ง SW-3210ซึ่งวัดด้วยเครื่อง RVD



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืด,อุณหภูมิและความเข้มข้นของแป้ง SW-0430ซึ่งวัดด้วยเครื่อง RVD



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมาย พบความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มข้น อุณหภูมิ และค่าความหนืด ของแป้ง SW-7700, SW-0520, SW-0300, SW-2200, SW-2210, SW-2110, SW-2400, SW-3210, SW-2300, SW-3200, SW-0430 โดยใช้เครื่อง Brookfield RVD และ LVD ให้ผลเหมือนกัน คือ เมื่อความเข้มข้นเพิ่ม และ อุณหภูมิลดลง ค่าความหนืดมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความหนืดมีค่าคงที่ในช่วงอุณหภูมิ 80 – 60 °C และความหนืดมีค่าสูงสุดอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 30 -40 °C เนื่องจากแป้งเปียกเกิดการคืนตัว (setback) เพราะโมเลกุลอะมิโลสที่เชื่อมระหว่างกันด้วยพันธะไฮโดรเจนเกิดการจัดเรียงตัวภายในโครงสร้างแน่นมากขึ้น จึงทำให้ความหนืดมีค่าสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดต่ำลง ซึ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่าค่าการคืนตัวเกิดเร็วขึ้นเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สรุปผลการปฏิบัติงาน

การปฏิบัติงานใน บริษัท สงวนวงษ์อุตสาหกรรม จำกัด ในแผนกประกันคุณภาพ ส่งผลให้เกิดประโยชน์ในหลายด้าน ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ด้านทฤษฎี

- ได้รับความรู้ในขั้นตอนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง (Tapioca starch) และ แป้งมันสำปะหลังดัดแปร(Modified starch)
- ได้รับความรู้เกี่ยวกับการพัฒนาแป้งมันสำปะหลังดัดแปรชนิดต่าง

2. ด้านการปฏิบัติ

- ได้ทำการทดลองเพื่อพัฒนาสูตรชนิดต่าง
- ได้เข้าร่วมกิจกรรมต่างๆ ของทางบริษัทเช่น กิจกรรม 5 ส. อบรม ISO14000 และกิจกรรมกีฬาภายใน

3. ด้านสังคม

- ได้พัฒนาการทำงานร่วมกับบุคคลอื่น
- ได้รู้จักบุคคลต่างๆ มากมายทั้งภายในแผนกและต่างแผนก จากกิจกรรมกีฬาภายใน
- ทำให้สามารถเข้าใจถึงการทำงานจริงและการใช้ชีวิตประจำวันในการทำงาน
- ทำให้มีการผูกความสัมพันธไมตรีกับเจ้าหน้าที่ในแผนกเป็นอย่างดี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปัญหาและข้อเสนอแนะ

จากการปฏิบัติงานในแผนกประกันคุณภาพ บริษัท สงวนวงษ์อุตสาหกรรม จำกัด เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ ซึ่งได้นำความรู้ที่ได้รับจากมหาวิทยาลัยมาใช้ในการปฏิบัติงานจริงแล้ว ยังได้รับความรู้และประสบการณ์ใหม่ๆ เกี่ยวกับแป้งมันสำปะหลังทุกชนิดที่ทางบริษัทผลิตและจำหน่าย ซึ่งในระหว่างการปฏิบัติงานพบปัญหาและอุปสรรคบางประการ ได้แก่

1. ในการปฏิบัติงานในระยะแรกพบปัญหาคือพนักงานบางส่วนยังไม่เข้าใจในการไปปฏิบัติสหกิจศึกษา ซึ่งบุคคลเหล่านั้นเข้าใจว่าไปฝึกงานเหมือนนักศึกษาจากสถาบันอื่น ซึ่งแนวทางในการแก้ปัญหานี้คือ การให้ความรู้และเปลี่ยนทัศนคติเกี่ยวกับนักศึกษาที่ไปปฏิบัติสหกิจศึกษาใหม่
2. ความสะอาดภายในโรงงานเป็นเรื่องที่น่าให้ความดูแลเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากทางบริษัทได้มีผู้ที่เข้ามาเยี่ยมชมโรงงานและลูกค้าต่างประเทศที่มาติดต่อเป็นจำนวนมาก จึงควรมีการให้การอบรมแก่พนักงานในการมีส่วนร่วมในการรักษาความสะอาดเป็นประจำจะเป็นการดีมาก
3. ความปลอดภัยในการทำงานถือว่าอยู่ในขั้นที่ดี แต่อยากให้เน้นความปลอดภัยในส่วนของการใช้สารเคมีในการผลิตแป้งดัดแปร เนื่องจากมีการใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพในปริมาณที่มาก จึงควรให้พนักงานทุกคนสวมเครื่องป้องกัน เช่น หมวกนิรภัย ,หน้ากากกรองอากาศและแว่นตา เป็นต้น เพื่อความปลอดภัยของพนักงานทุกคน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอต. (2542). **เทคโนโลยีของแป้ง.** ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มาโนชญ์ สุธีรวัฒนานนท์. (2545). **เอกสารประกอบการบรรยายรายวิชา cereal product tecnology.** สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการ เกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

http://www.brabender.com/100.0.html

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง มอก. 274 – 2521

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุสาหกรรมนี้กำหนด ชั้นคุณภาพ คุณลักษณะที่ต้องการ การบรรจุ ฉลาก การชักตัวอย่าง และ เกณฑ์ตัดสิน และ การวิเคราะห์แป้งมันสำปะหลัง

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 แป้งมันสำปะหลัง (tapioca, cassava, manihot flour/starch) หมายถึง แป้งที่ทำจากหัวมันสำปะหลัง มานิฮอต ยูติลิสซิมา (Manihit utilissima) ลักษณะของแป้งเมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ (microscopic appearance) ประกอบด้วย เม็ดแป้งตั้งแต่ 2 ถึง 8 เม็ดรวมกัน แต่ละเม็ดยาวตั้งแต่ 5 ถึง 35 ไมโครเมตร (0.05 ถึง 0.035 มิลลิเมตร) เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 15 ไมโครเมตร เม็ดแป้งส่วนมากมีลักษณะเป็นรูปไข่ซึ่งปลายข้างหนึ่งถูกตัดออก และ ผิวตรงส่วนที่ตัดออกมีลักษณะเว้าเข้าข้างในเม็ด บางเม็ดอาจมีริมด้านหนึ่งโค้ง อีกด้านหนึ่งแบนไม่สม่ำเสมอกัน เม็ดแป้งเหล่านี้จะแสดงให้เห็นรอยบุ๋ม (electric hilum) อย่างชัดเจน และ ในบางครั้งอาจเห็นชั้นของแป้งด้วย

3. ชั้นคุณภาพ

3.1 แป้งมันสำปะหลังแบ่งเป็น 3 ชั้นคุณภาพ คือ

3.1.1 ชั้นคุณภาพที่ 1

3.1.2 ชั้นคุณภาพที่ 2

3.1.3 ชั้นคุณภาพที่ 3

4. คุณลักษณะที่ต้องการ

4.1 ลักษณะทั่วไป

แป้งมันสำปะหลังต้องเป็นผงละอียด มีสีขาว หรือ สีครีม ไม่เกดการหมัก ไม่เหม็นอับ หรือ มีกลิ่นน่ารังเกียจ ไม่มีแมลงและวารแปลกปลอมอื่นๆ ปะปน

4.2 แป้งมันสำปะหลังต้องมีคุณลักษณะตามตารางภาคผนวกที่ 1.1

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางภาคผนวกที่ 1.1 คุณลักษณะที่ต้องการของแป้งมันสำปะหลัง

(ข้อ 4.2)

คุณลักษณะ		ชั้นคุณภาพ 1	ชั้นคุณภาพ 2	ชั้นคุณภาพ 3	วิธีทดสอบตามข้อ
ความชื้นร้อยละ	ไม่เกิน	13	14	14	8.1
แป้ง ร้อยละ (ของน้ำหนักเมื่ออบแห้ง)	ไม่น้อยกว่า	97.5	96	94	8.2
เถ้า ร้อยละ (ของน้ำหนักเมื่ออบแห้ง)	ไม่เกิน	0.15	0.3	0.5	8.3
เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid insoluble ash) ร้อยละ (ของน้ำหนักเมื่ออบแห้ง)	ไม่เกิน	1.05	0.10	0.15	8.4
โปรตีน ร้อยละ (ของน้ำหนักเมื่ออบแห้ง)	ไม่เกิน	0.3	0.3	0.3	8.5
เยื่อ ลูกบาศก์เซนติเมตร ต่อ น้ำหนักแป้ง 50 กรัม ก่อนอบแห้ง	ไม่เกิน	0.2	0.5	1.0	8.6
ความเป็นกรด – ด่าง		4.5 ถึง 7	3.5 ถึง 7	3.0 ถึง 7	8.7
ความละเอียด แป้งที่ค้างบนตระแกรงขนาด 150 ไมโครเมตร ร้อยละ	ไม่เกิน	1	3	5	8.8

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

5. การบรรจุ

5.1 ถ้าหากไม่มีการตกลงไว้ระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย ให้บรรจุแป้งมันสำปะหลังไว้ในภาชนะที่เหมาะสม สะอาด และ ปิดผนึกให้เรียบร้อย

6. ฉลาก

6.1 ที่ภาชนะบรรจุแป้งมันสำปะหลัง อย่างน้อยต้องมี เลข อักษร หรือ เครื่องหมายแสดงข้อความ ดังต่อไปนี้

1. คำว่า "แป้งมันสำปะหลัง"
2. ชั้นคุณภาพ
3. ชื่อผู้ทำ หรือ โรงงานที่ทำ หรือ เครื่องหมายการค้า หรือ ชื่อผู้บรรจุ หรือ ผู้จัดจำหน่าย
4. น้ำหนักสุทธิ
5. ประเทศที่ทำ

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้

6.2 ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ จะแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นได้ต่อเมื่อได้รับอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

7. การชักตัวอย่างและเกณฑ์การตัดสิน

7.1 รุ่น หมายถึง แป้งมันสำปะหลังที่มีชั้นคุณภาพเดียวกัน ซึ่งผลิตได้ หรือ ส่งมอบในคราวเดียวกัน บรรจุในภาชนะขนาดเดียวกันและมีชื่อตรา หรือ เครื่องหมายการค้าเป็นอย่างเดียวกัน

7.2 หากได้มีการตกลงไว้เป็นอย่างอื่น การชักตัวอย่างและเกณฑ์การตัดสินให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ดังนี้

7.2.1 ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากภาชนะตามขนาดตัวอย่าง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี