



บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาสมบัติของแป้งมันสำปะหลัง

4.1.1 ผลการคัดเลือกแป้งมันสำปะหลังจากโรงงานผลิตภายในประเทศ

ผลการตรวจนับเม็ดแป้งมันสำปะหลังที่ยังคงลักษณะ birefringence จากภาพถ่ายดังแสดงในรูปที่ 4.1 เพื่อหาปริมาณเม็ดแป้งแตกด้วยกล้อง DIC จากโรงงานผลิตภายในประเทศ 3 แห่ง ได้แสดงในตารางที่ 4.1 พบว่าแป้งมันสำปะหลังของบริษัท ไทยวา จำกัด มีปริมาณเม็ดแป้งแตกน้อยที่สุด และจากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าปริมาณเม็ดแป้งแตกจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังทั้ง 3 แห่ง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังนั้นจึงเลือกแป้งของบริษัท ไทยวา จำกัด ซึ่งเป็นแป้งเกรดเอ ผลิตจากมันสำปะหลังพันธุ์ หป 4 และ หป 6 เป็นส่วนใหญ่ ในการศึกษาต่อไป

4.1.2 ความหนืดของแป้งมันสำปะหลังระหว่าง heating-cooling cycle

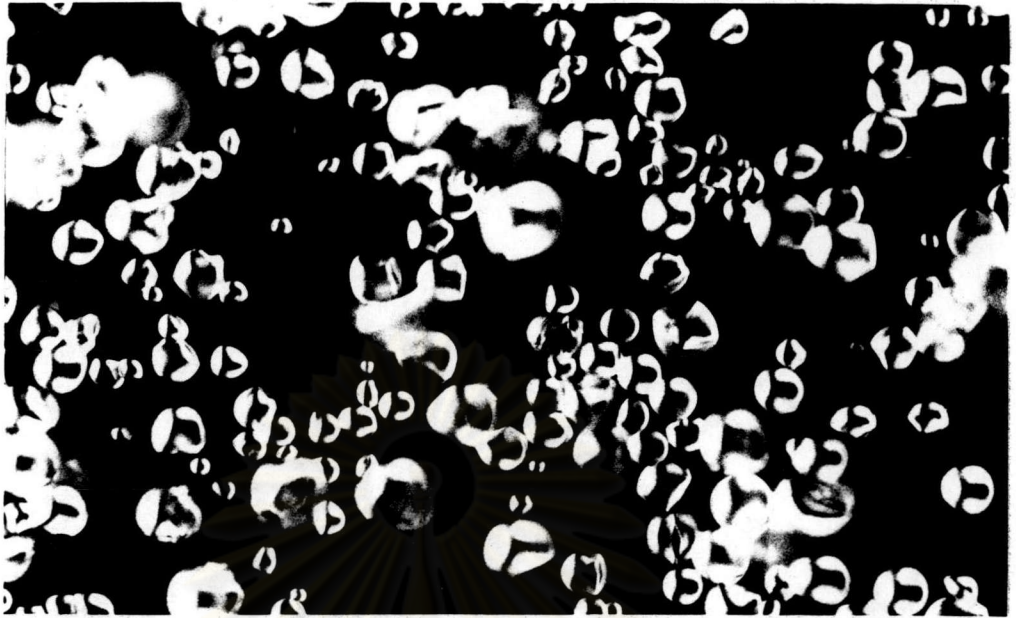
กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดระหว่าง heating-cooling cycle ของแป้งมันสำปะหลัง แสดงในรูปที่ 4.2 และผลการตรวจสอบอุณหภูมิแป้งสุก ค่าความหนืดสูงสุด ความหนืดที่อุณหภูมิ 95 °C ความหนืดที่ 95 °C นาน 30 นาที ความหนืดเมื่อเย็นลงถึง 50 °C และความหนืดที่ 50 °C นาน 30 นาที แสดงในตารางที่ 4.2

4.1.3 องค์ประกอบต่าง ๆ ของแป้งมันสำปะหลัง

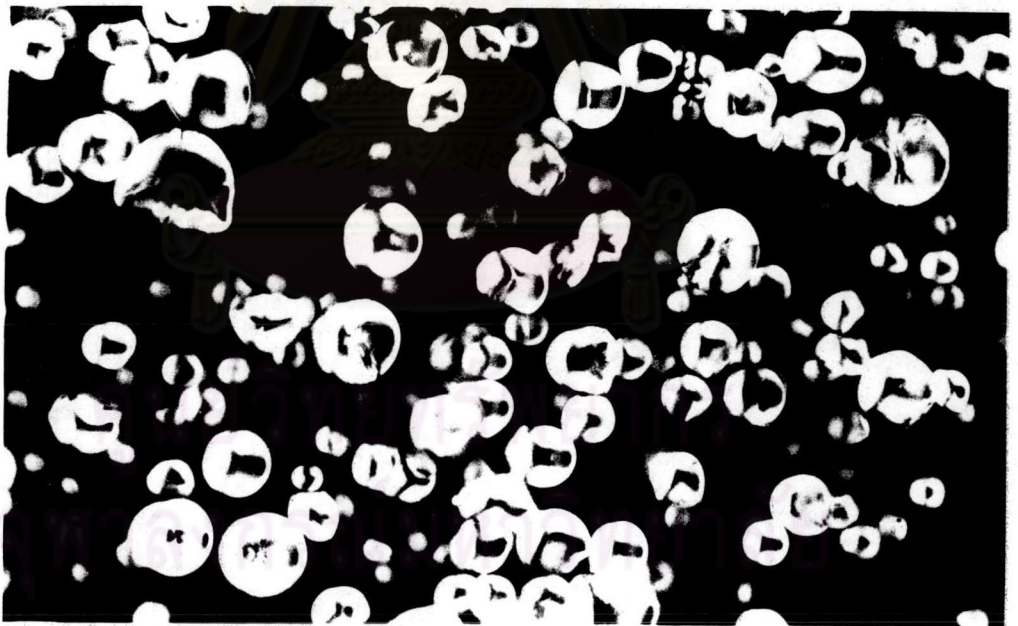
ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า แป้ง และอะไมโลส แสดงในตารางที่ 4.3

4.2 การ cross-linking ของแป้งมันสำปะหลังด้วยโซเดียมโครเมต่าฟอสเฟต

4.2.1 ผลของอุณหภูมิและ pH ที่มีต่อปฏิกิริยาการ cross-linking ของแป้งมันสำปะหลัง



4.1 ก.



4.1 ข.

รูปที่ 4.1 ภาพถ่ายเม็ดแป้งมันสำปะหลังจากโรงงานผลิตต่าง ๆ โดยกล้องจุลทรรศน์แบบ DIC กำลังขยาย 200 เท่า

4.1 ก. บริษัท ไทยวา จำกัด

4.1 ข. บริษัท เจ้าพระยาอบพิชและไซโล จำกัด

4.1 ค. บริษัท อุตสาหกรรมแป้งมันบ้านโป่ง จำกัด



4.1 ก.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

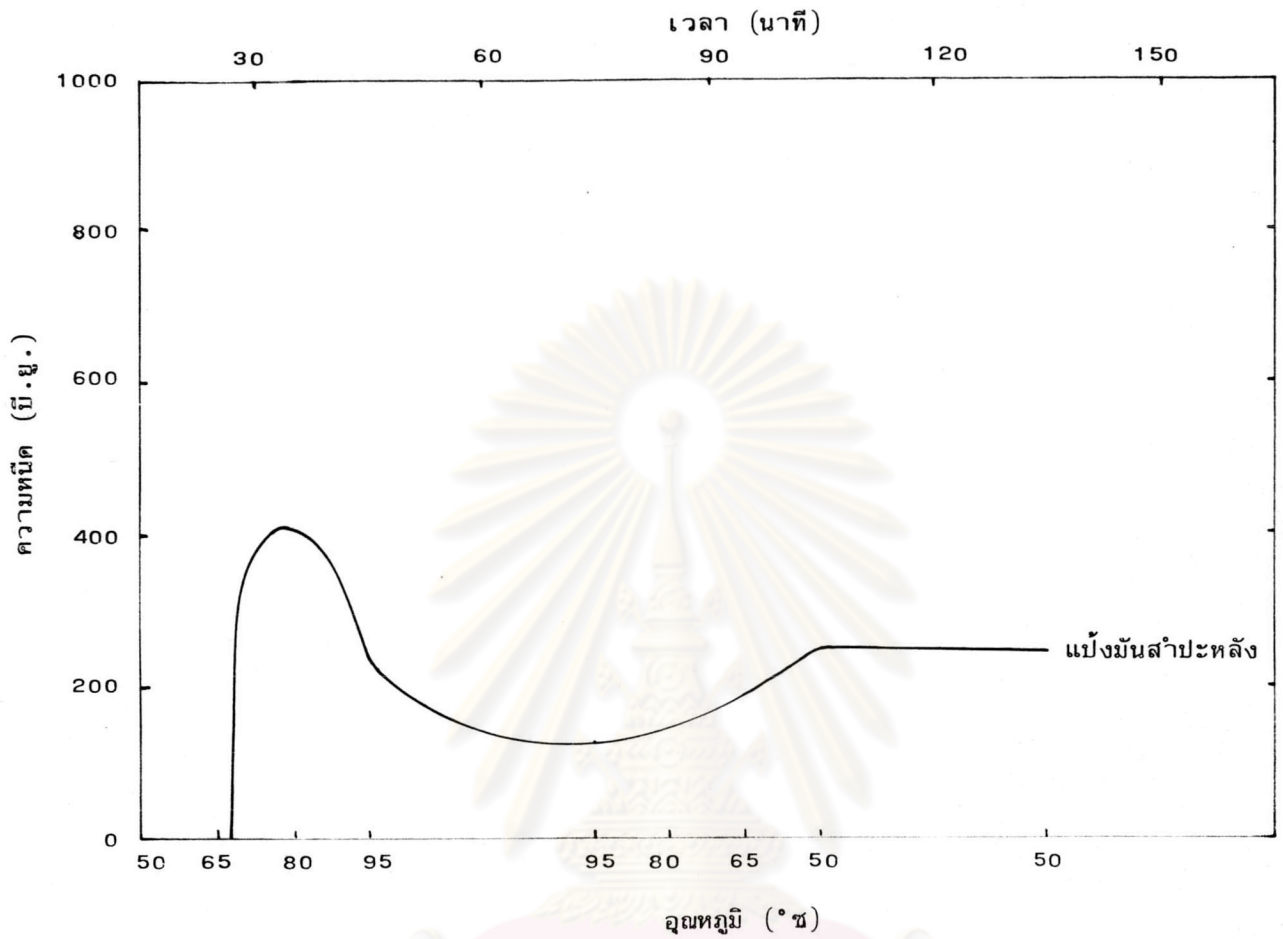
ตารางที่ 4.1 ปริมาณเฉลี่ยของเม็ดแป้งแตกของแป้งมันสำปะหลังจากโรงงานผลิตต่าง ๆ

โรงงานผลิต	ปริมาณเม็ดแป้งแตก (ร้อยละ)
บริษัท ไทยวา จำกัด	24.79 ^{a*}
บริษัท เจ้าพระยาอภัยพิพิธและไซโล จำกัด	33.52 ^b
บริษัท อุตสาหกรรมแป้งมันบ้านโป่ง จำกัด	36.64 ^c

*

- 1 ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- 2 การคำนวณแสดงในภาคผนวก ค.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืด¹ ระหว่าง heating-cooling cycle ของน้ำมันสำปะหลัง

1 วัดด้วยเครื่อง Brabender-Visco Amylograph ความเข้มข้นของน้ำแป้งร้อยละ 5

ตารางที่ 4.2 อุณหภูมิแป้งสุกและความหนืดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของแป้งมันสำปะหลัง

สมบัติ	ค่าที่วัดได้ ¹
อุณหภูมิแป้งสุก	68 °ซ
ค่าความหนืดสูงสุด ที่ 78 °ซ	410 บี.ยู. ²
ค่าความหนืดที่ 95 °ซ	225 บี.ยู.
ค่าความหนืดที่ 95 °ซ นาน 30 นาที	130 บี.ยู.
ค่าความหนืดที่ 50 °ซ	250 บี.ยู.
ค่าความหนืดที่ 50 °ซ นาน 30 นาที	245 บี.ยู.

- วัดด้วยเครื่อง Brabender-Visco Amylograph ความเข้มข้นของน้ำแป้ง ร้อยละ 5
- บี.ยู. ย่อมาจาก Brabender Unit (B.U.)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 ปริมาณเฉลี่ยขององค์ประกอบต่าง ๆ ของแป้งมันสำปะหลัง

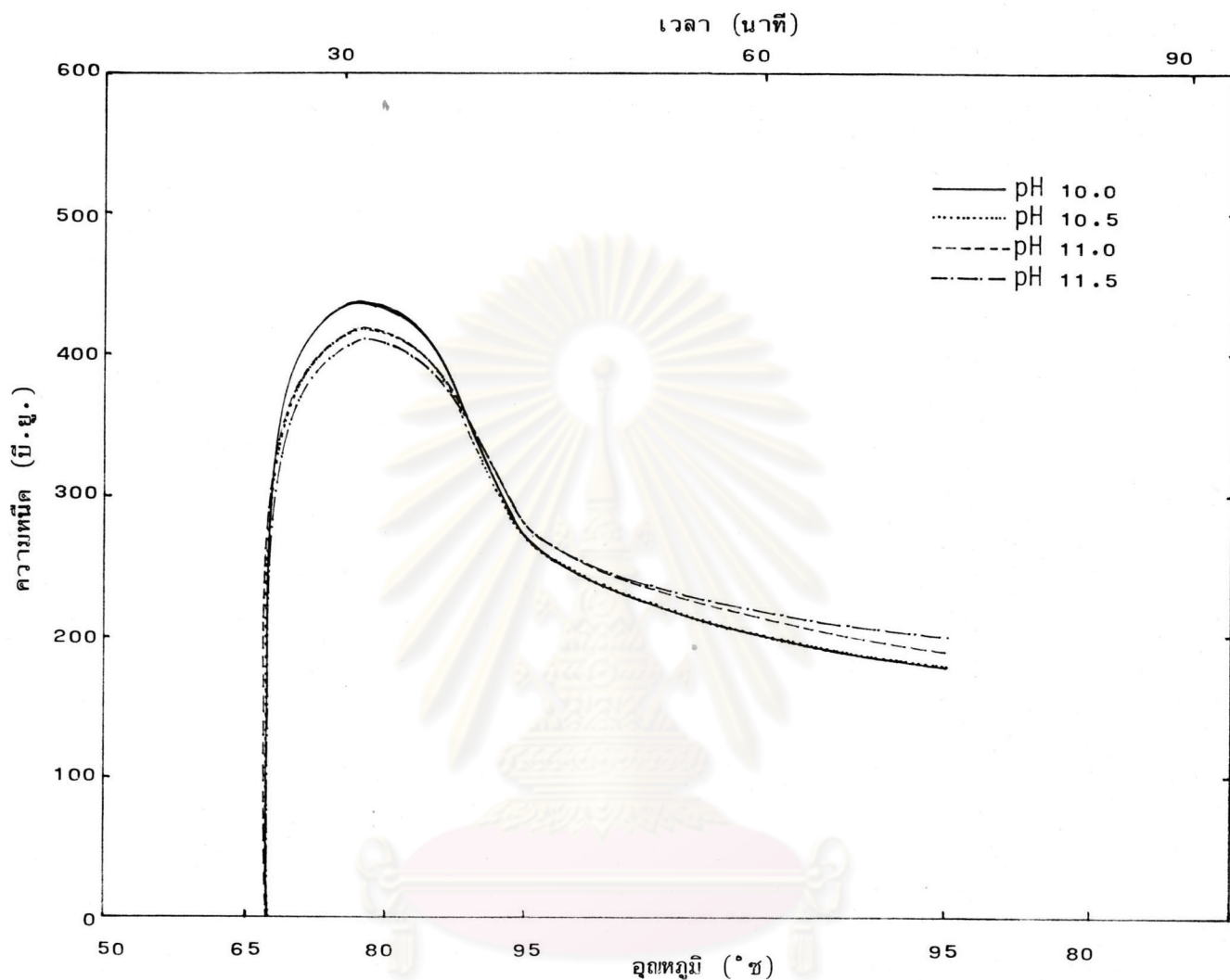
องค์ประกอบ	ปริมาณ (ร้อยละ)
ความชื้น	14.2
โปรตีน	0.17
เถ้า	0.12
แป้ง (starch)	97.00
อะไมโลส	14.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการติดตามผลของการทำ cross-linking ของแป้งมันสำปะหลังด้วย เครื่องวัด Brabender-Visco Amylograph กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดระหว่าง heating cycle ของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพแสดงในรูปที่ 4.3 และ 4.4 ส่วนผลของความหนืดที่ 95^oซ แสดงในตารางที่ 4.4 พบว่า เมื่ออุณหภูมิของปฏิกิริยาสูงขึ้น ความหนืดที่ 95^oซ จะเพิ่มขึ้น ส่วนการปรับระดับ pH ให้สูงขึ้น ค่าความหนืดที่ 95^oซ มีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย และจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า อุณหภูมิของปฏิกิริยาทั้ง 2 ระดับ และ pH ทั้ง 4 ระดับ ไม่มีผลทำให้ความหนืดที่ 95^oซ ของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

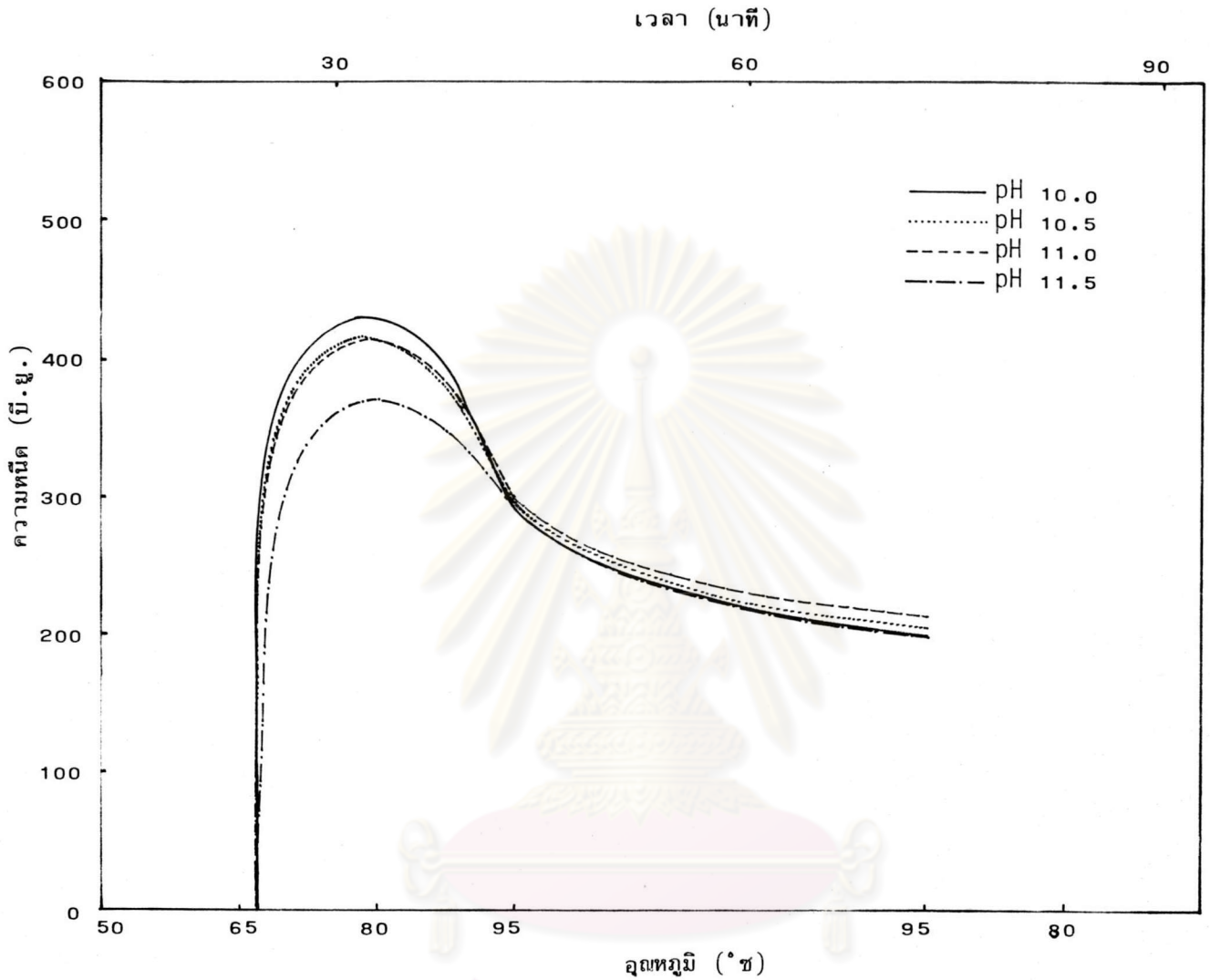
4.2.2 ผลของปริมาณโซเดียมไตรเมตาฟอสเฟตและเวลาของปฏิกิริยาที่มีต่อระดับการ cross-linking

จากการติดตามผลของปฏิกิริยาการ cross-linking ของแป้งมันสำปะหลังที่แปรสภาพด้วยโซเดียมไตรเมตาฟอสเฟต ความเข้มข้นร้อยละ 0.04, 0.1, 0.3, 1.0 และ 2.0 ด้วยเครื่องวัด Brabender-Visco Amylograph กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดระหว่าง heating cycle ของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่เวลาต่าง ๆ แสดงในรูปที่ 4.5, 4.6, 4.7, 4.8 และ 4.9 ส่วนผลของเสถียรภาพของความหนืดระหว่าง heating cycle ซึ่งมีค่าเท่ากับผลต่างระหว่างค่าความหนืดสูงสุดและความหนืดที่ 95^oซ นาน 30 นาที แสดงในตารางที่ 4.5 ซึ่งถ้าผลต่างมีค่าน้อยหมายความว่าเสถียรภาพของความหนืดสูง และในทางตรงกันข้าม ถ้าผลต่างมีค่ามากหมายความว่าเสถียรภาพของความหนืดต่ำ เมื่อปริมาณโซเดียมไตรเมตาฟอสเฟต ที่ใช้และเวลาของปฏิกิริยาการ cross-linking เพิ่มขึ้น เสถียรภาพของความหนืดระหว่าง heating cycle ของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพจะมีค่าเพิ่มขึ้น และจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ทั้งปริมาณโซเดียมไตรเมตาฟอสเฟต และเวลาของปฏิกิริยา มีผลทำให้เสถียรภาพของความหนืดระหว่าง heating cycle แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และแตกต่างกันในระหว่างปริมาณโซเดียมไตรเมตาฟอสเฟต และเวลาของปฏิกิริยาแต่ละระดับ



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความหนืดของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ระดับ pH ต่าง ๆ โดยอุณหภูมิของปฏิกิริยา $45 \pm 2.0^{\circ}\text{ซ}$

1 วัดด้วยเครื่อง Brabender-Visco Amylograph ความเข้มข้น
ของน้ำแป้งร้อยละ 5



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความหนืดของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่

ระดับ pH ต่าง ๆ โดยอุณหภูมิของปฏิกิริยา $50 \pm 2.0^{\circ}\text{ซ}$

- วัดด้วยเครื่อง Brabender-Visco Amylograph ความเข้มข้น
ของน้ำแป้งร้อยละ 5

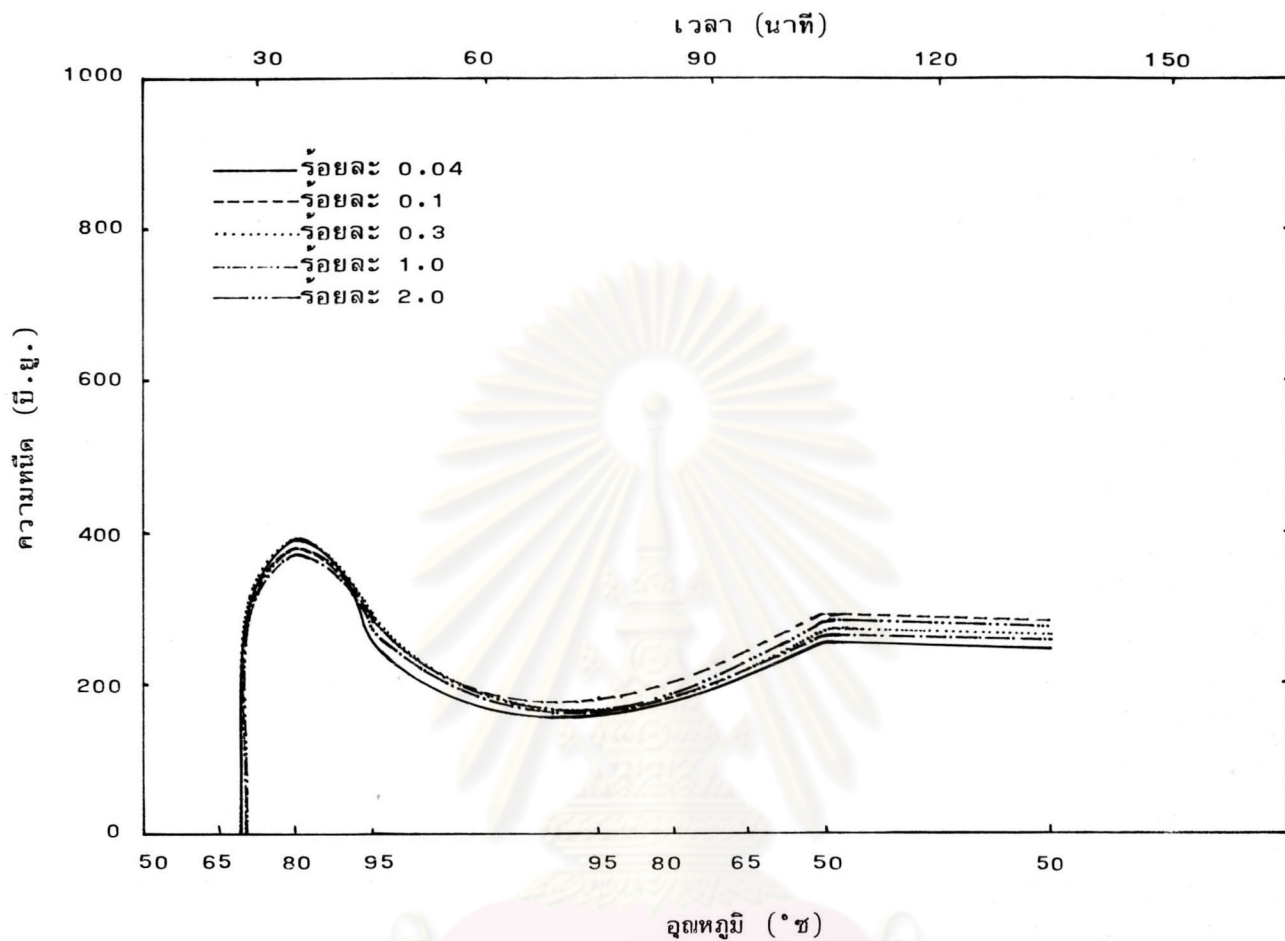
ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยความหนืดที่อุณหภูมิ 95°ซ ของ paste จากแป้งมันสำปะหลัง
แปรสภาพเมื่อใช้อุณหภูมิและ pH ของปฏิกิริยาการ cross-linking
ต่างกัน

อุณหภูมิ (°ซ)	ความหนืดที่ 95°ซ* (บี.ยู)			
	pH 10.0	pH 10.5	pH 11.0	pH 11.5
45 ± 2.0	277.5 ^{ns}	280.0 ^{ns}	285.0 ^{ns}	267.5 ^{ns}
50 ± 2.0	282.5 ^{ns}	292.5 ^{ns}	290.0 ^{ns}	280.0 ^{ns}

*

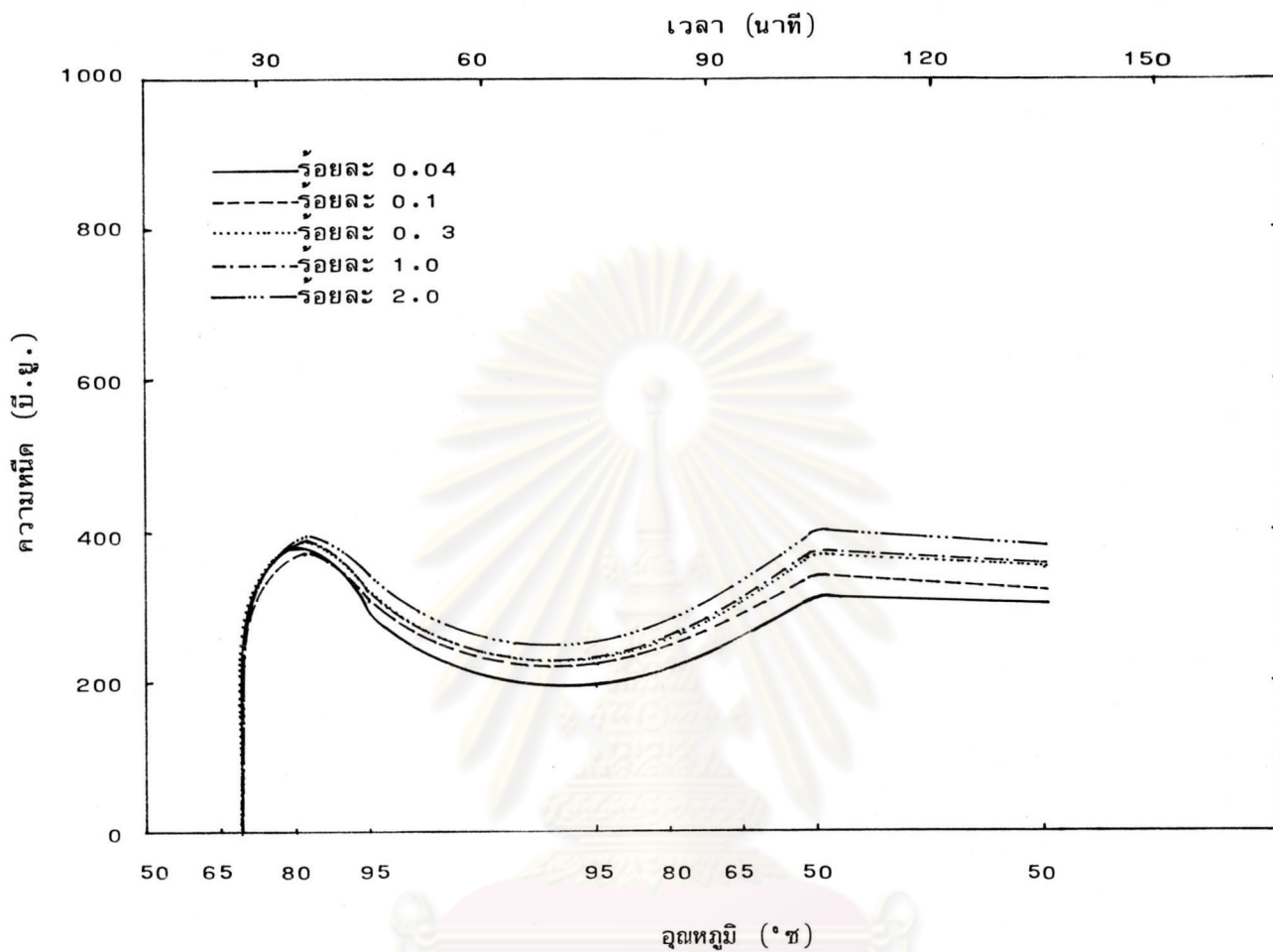
- 1 วัดด้วยเครื่อง Brabender-Visco Amylograph ความเข้มข้นของน้ำแป้ง ร้อยละ 5
- 2 ns (non significance) เท่ากับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
- 3 ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- 4 การคำนวณแสดงในภาคผนวก ค.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



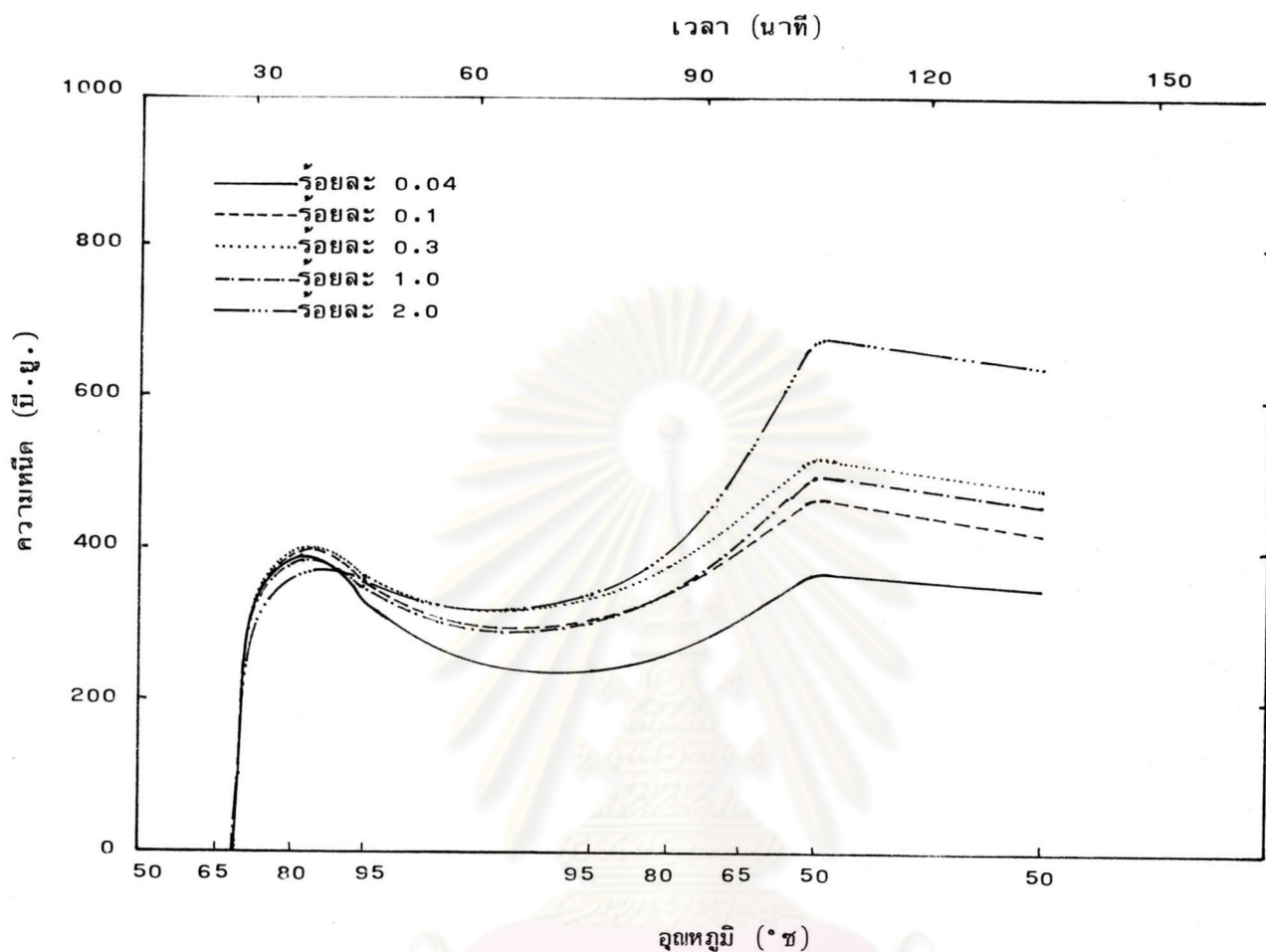
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความหนืดของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพ
 ที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมตาฟอสเฟตระดับต่าง ๆ โดยเวลาของ
 ปฏิกริยา 2 ชั่วโมง

- วัดด้วยเครื่อง Brabender-Visco Amylograph ความเข้มข้นของน้ำแป้งร้อยละ 5



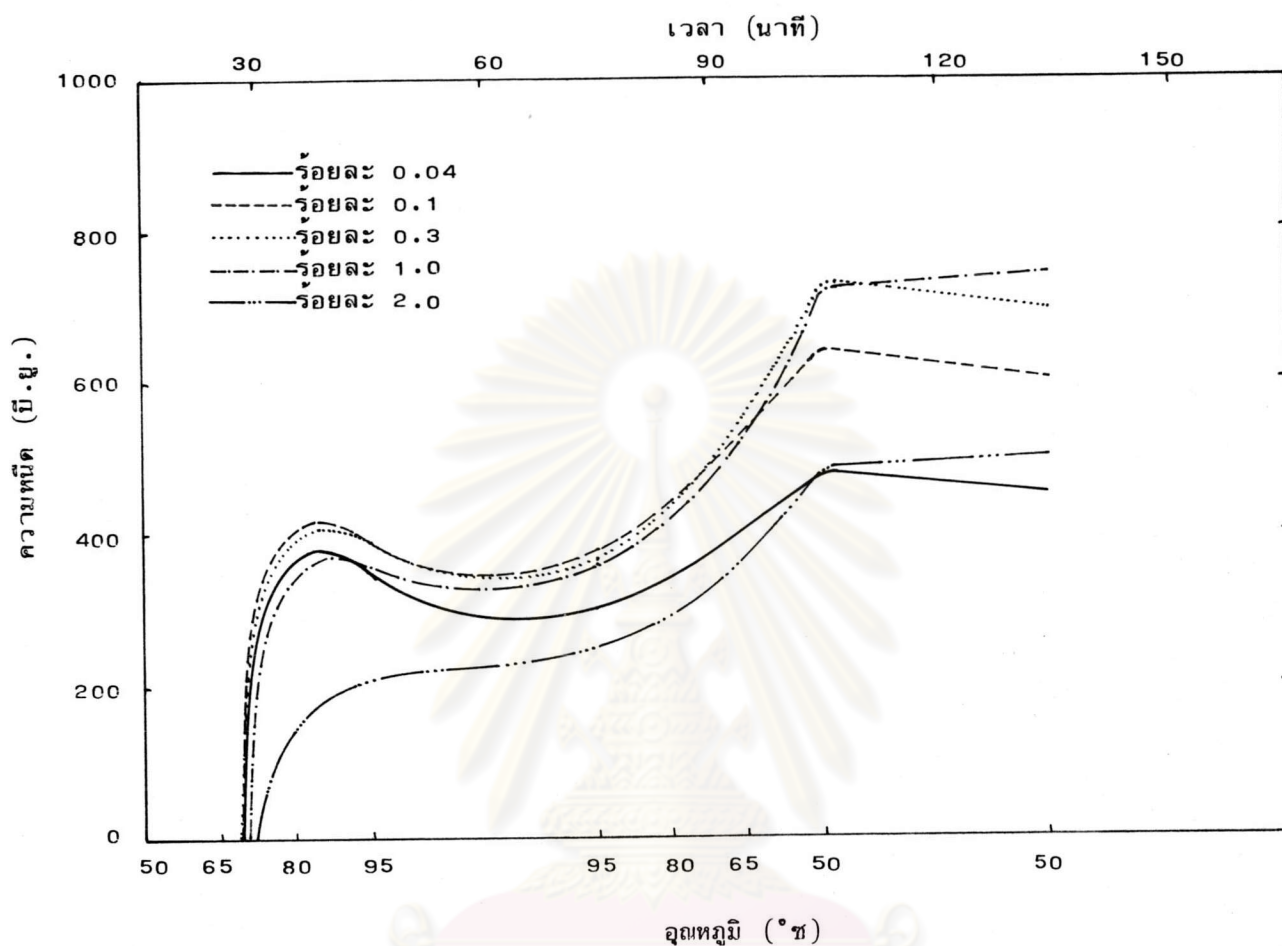
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความหนืดของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ใช้ ปริมาณไซเตียมไตรเมตาฟอสเฟตระดับต่าง ๆ โดยเวลาของปฏิกิริยา 4 ชั่วโมง

1 วัดด้วยเครื่อง Brabender-Visco Amylograph ความเข้มข้นของน้ำแป้งร้อยละ 5



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความหนืดของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมตาฟอสเฟตระดับต่าง ๆ โดยเวลาของปฏิกิริยา 8 ชั่วโมง

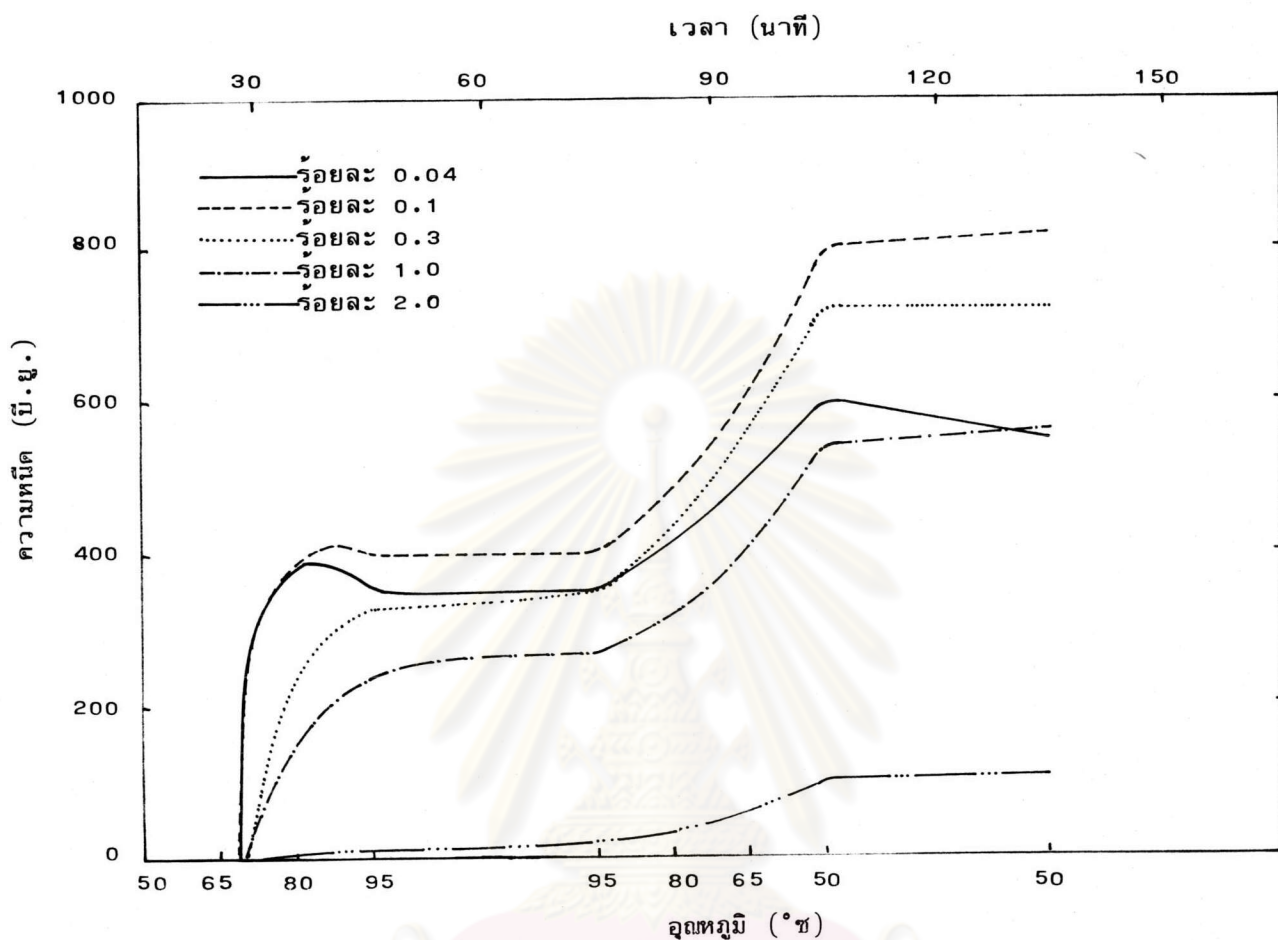
1 วัดด้วยเครื่อง Brabender-Visco Amylograph ความเข้มข้นของน้ำแป้งร้อยละ 5



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความหนืดของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมตาฟอสเฟตระดับต่าง ๆ โดยเวลาของปฏิกิริยา

16 ชั่วโมง

1 วัดด้วยเครื่อง Brabender-Visco Amylograph ความเข้มข้นของน้ำแป้งร้อยละ 5



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความหนืดของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ใช้ปริมาณไซเตียมไตรเมต้าฟอสเฟตระดับต่าง ๆ โดยเวลาของปฏิบัติการ 32 ชั่วโมง

1 วัดด้วยเครื่อง Brabender-Visco Amylograph ความเข้มข้นของน้ำแป้งร้อยละ 5

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยของเสถียรภาพของความหนืดระหว่าง heating cycle ของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรรูป เมื่อใช้ปริมาณไซเดียม-ไตรเมตาฟอสเฟตและเวลาของปฏิกิริยาการ cross-linking ต่างกัน

ปริมาณ $\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_9$ (ร้อยละ)	เสถียรภาพของความหนืดระหว่าง heating cycle * (ซี.ยู)									
	เวลาของปฏิกิริยา (ชั่วโมง)									
	2		4		8		16		32	
0.04	B	240.0 ^e	C	207.5 ^d	C	152.5 ^c	D	80.0 ^b	C	35.0 ^a
0.10	AB	215.0 ^e	B	177.5 ^d	B	95.0 ^c	C	45.0 ^b	B	7.5 ^a
0.30	B	225.0 ^e	B	162.5 ^d	B	80.0 ^c	BC	35.0 ^b	A	-32.5 ^a
1.00	AB	215.0 ^e	B	165.0 ^d	B	87.5 ^c	B	15.0 ^b	A	-45.0 ^a
2.00	A	202.5 ^d	A	130.0 ^c	A	47.5 ^b	A	-42.5 ^a	A	-25.0 ^a

*

- วัดด้วยเครื่อง Brabender-Visco Amylograph ความเข้มข้นของน้ำแป้งร้อยละ 5
- ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตัวใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในระหว่างปริมาณไซเดียม-ไตรเมตาฟอสเฟตระดับต่างกัน
- ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตัวเล็กเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในระหว่างเวลาของปฏิกิริยาระดับต่างกัน
- การคำนวณแสดงในภาคผนวก ค.2
- เสถียรภาพของความหนืดระหว่าง heating cycle มีค่าเท่ากับผลต่างระหว่างค่าความหนืดสูงสุดและความหนืดที่ 95⁰ ช นาน 30 นาที เมื่อผลต่างมีค่าน้อยหมายความว่า มีเสถียรภาพของความหนืดสูง และถ้าผลต่างมีค่ามาก หมายความว่า มีเสถียรภาพของความหนืดต่ำ

4.2.3 ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตที่เหมาะสมที่ทำให้ paste จากแป้งมีความหนืดสูงสุดโดยไม่มี การลดลงของความหนืดระหว่าง heating cycle

ผลการทำ cross-linking ของแป้งมันสำปะหลังด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.2, 1.4, 1.6 และ 1.8 และติดตามความหนืดด้วยเครื่องวัด Brabender-Visco Amylograph กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดระหว่าง heating cycle ของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพแสดงในรูปที่ 4.10 ส่วนผลของเสถียรภาพของความหนืดระหว่าง heating cycle แสดงในตารางที่ 4.6 พบว่าเมื่อปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตเพิ่มขึ้น เสถียรภาพของความหนืดระหว่าง heating cycle จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น และจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตมีผลทำให้เสถียรภาพของความหนืดระหว่าง heating cycle แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.3 การนำแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

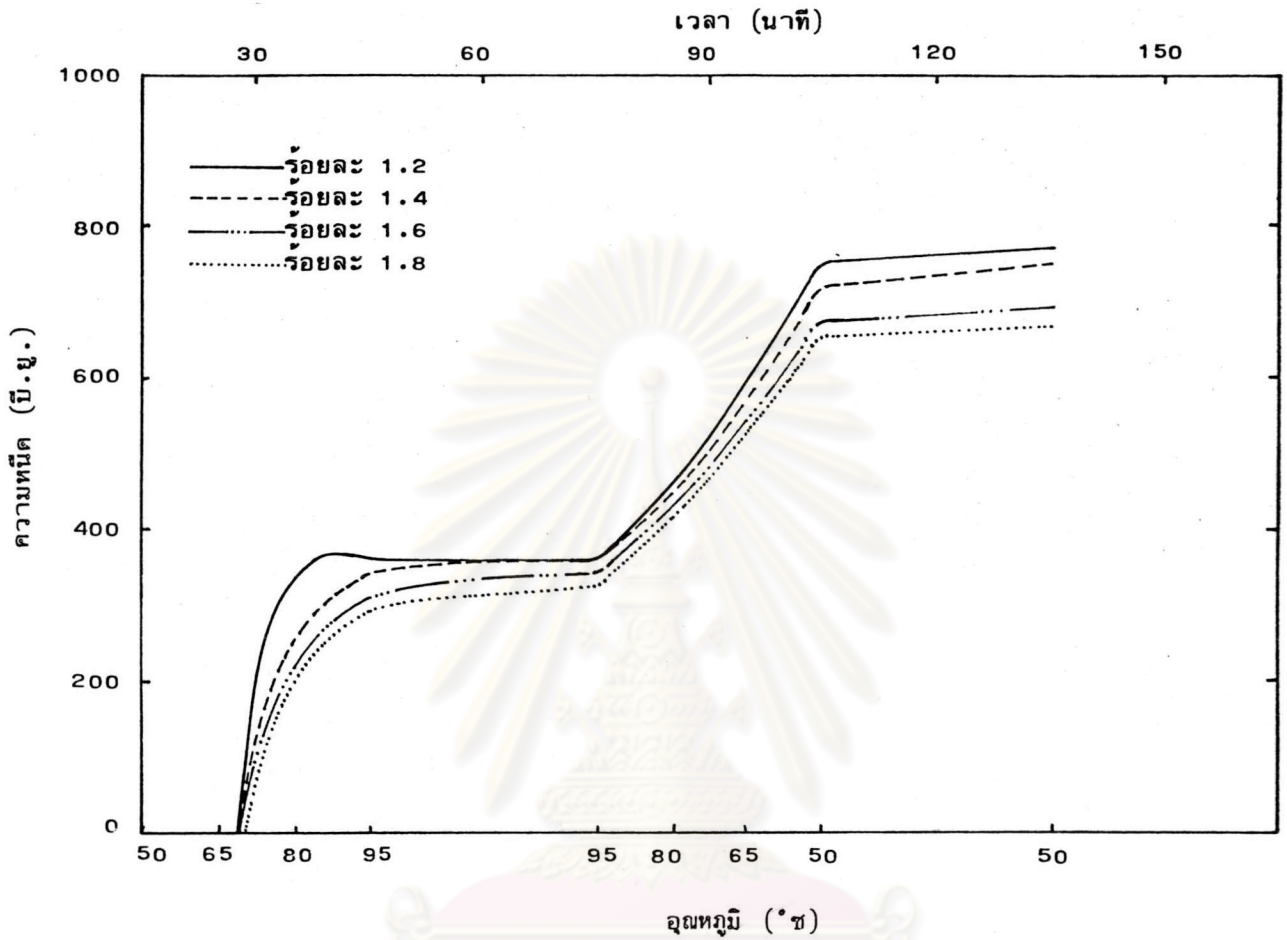
4.3.1 ศึกษาสมบัติต่าง ๆ ของแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพ

4.3.1.1 ปริมาณฟอสเฟตตกค้าง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตในรูปของฟอสฟอรัสแสดงในตารางที่ 4.7 พบว่าปริมาณฟอสเฟตตกค้างโดยการคำนวณในรูปของฟอสฟอรัสในแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพเพิ่มขึ้นตามปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตที่ใช้ในการ cross-linking และจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตที่ใช้ในการ cross-linking ทำให้ปริมาณฟอสเฟตตกค้างในรูปฟอสฟอรัสในแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสตกค้างในแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพและปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตที่ใช้ในการ cross-linking ของแป้งมันสำปะหลังระดับต่าง ๆ แสดงในรูปที่ 4.11

4.3.1.2 ความหนืดที่อุณหภูมิ 50^oซ นาน 30 นาที ที่ระดับ pH ต่าง ๆ

ผลการติดตามการเปลี่ยนแปลงความหนืดระหว่าง heating-cooling cycle ของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพด้วยเครื่องวัด Brabender-Visco Amylograph แสดงในรูปที่ 4.12, 4.13, 4.14 และ 4.15 ส่วนผลของ



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความหนืดของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ใช้- ปริมาณโซเดียมไตรเมตาฟอสเฟตระดับต่าง ๆ โดยเวลาของปฏิกิริยา - 16 ชั่วโมง

1 วัดด้วยเครื่อง Brabender-Visco Amylograph ความเข้มข้นของ น้ำแป้งร้อยละ 5

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยของเสถียรภาพของความหนืดระหว่าง heating cycle ของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพเมื่อใช้ปริมาณโซเดียม ไตรเมต้าฟอสเฟตต่างกัน

ปริมาณ $\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_9$ (ร้อยละ)	เสถียรภาพของความหนืดระหว่าง heating cycle * (บี.ยู)
1.2	1.0 ^d
1.4	-32.5 ^c
1.6	-47.5 ^b
1.8	-57.5 ^a

*

- 1 วัดด้วยเครื่อง Brabender-Visco Amylograph ความเข้มข้นของน้ำแป้ง ร้อยละ 5
- 2 ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- 3 การคำนวณแสดงในภาคผนวก ค.1

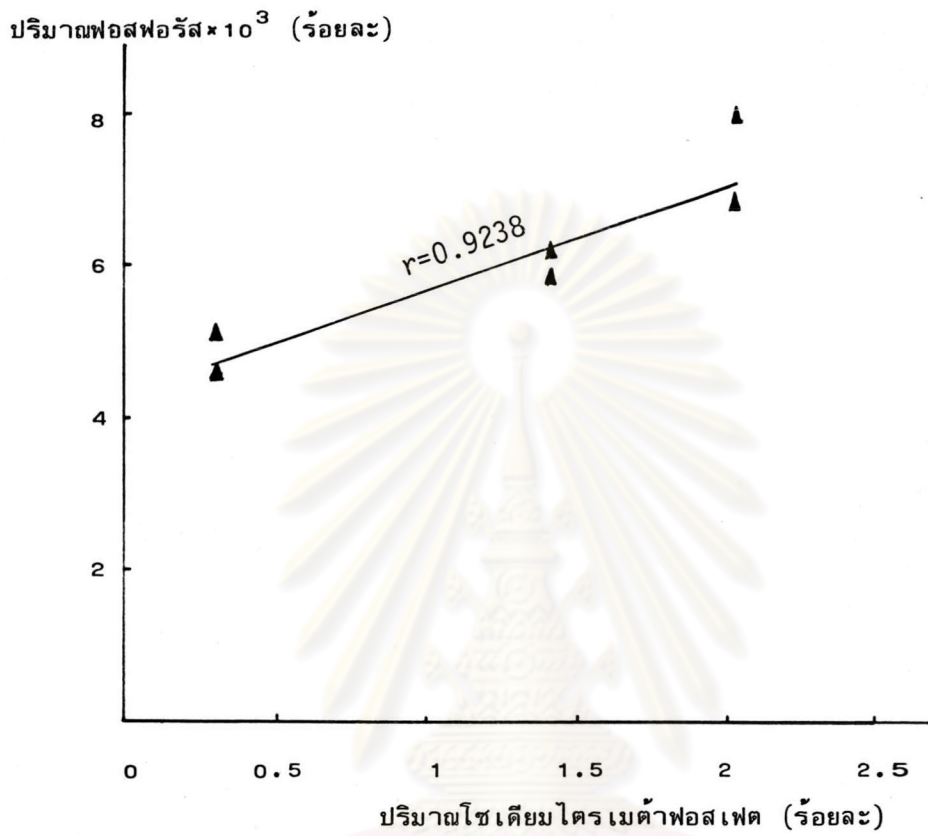
ตารางที่ 4.7 ปริมาณเฉลี่ยของฟอสฟอรัสตกค้างในแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ไซโซเดียมไตรเมตาฟอสเฟตปริมาณต่างกัน

ปริมาณ $\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_9$ (ร้อยละ)	ปริมาณฟอสฟอรัส $\times 10^3$ (ร้อยละ)
0.3	4.85 ^a
1.4	6.05 ^b
2.0	7.40 ^c

*

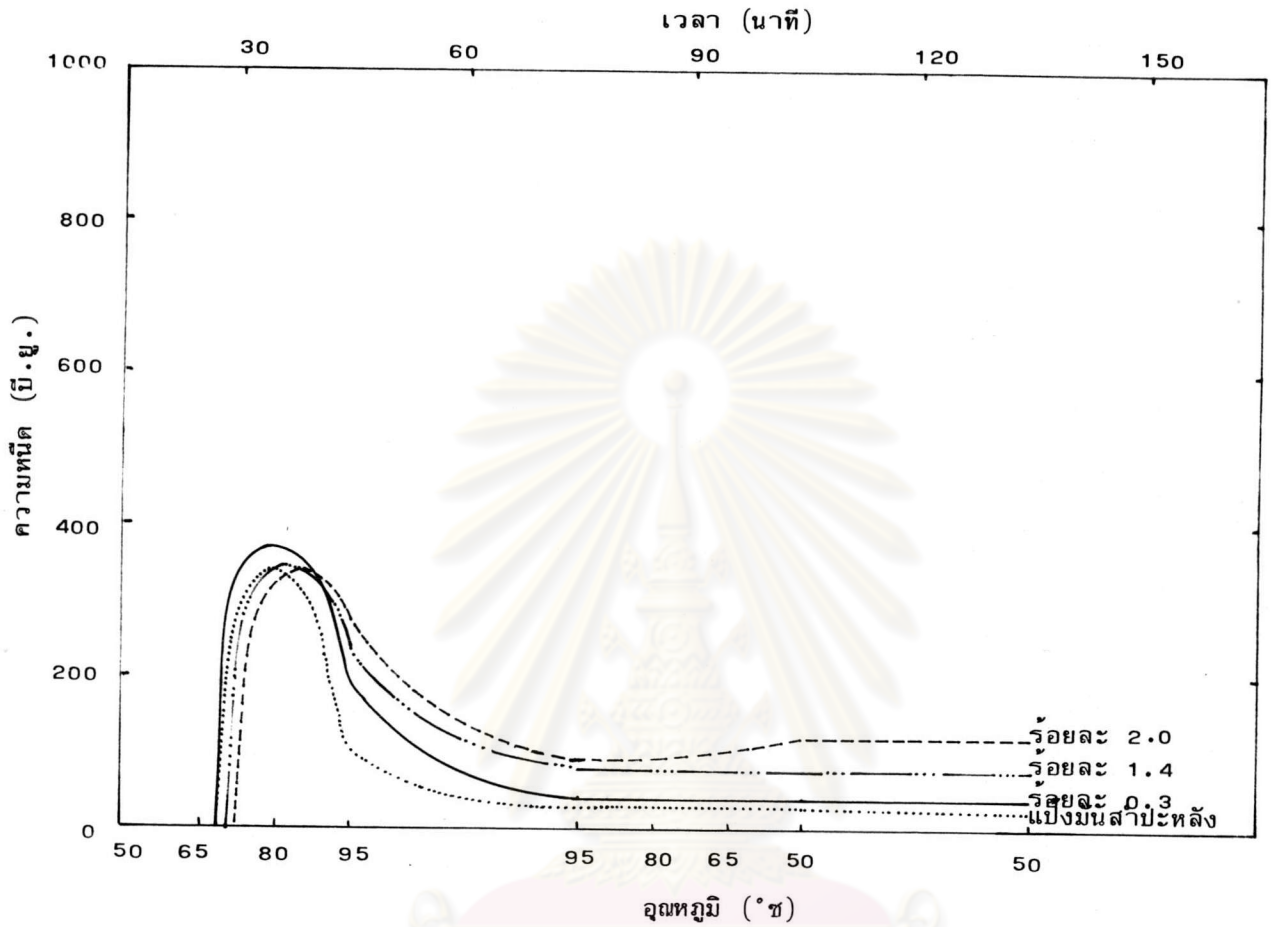
- 1 ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- 2 การคำนวณแสดงในภาคผนวก ค.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



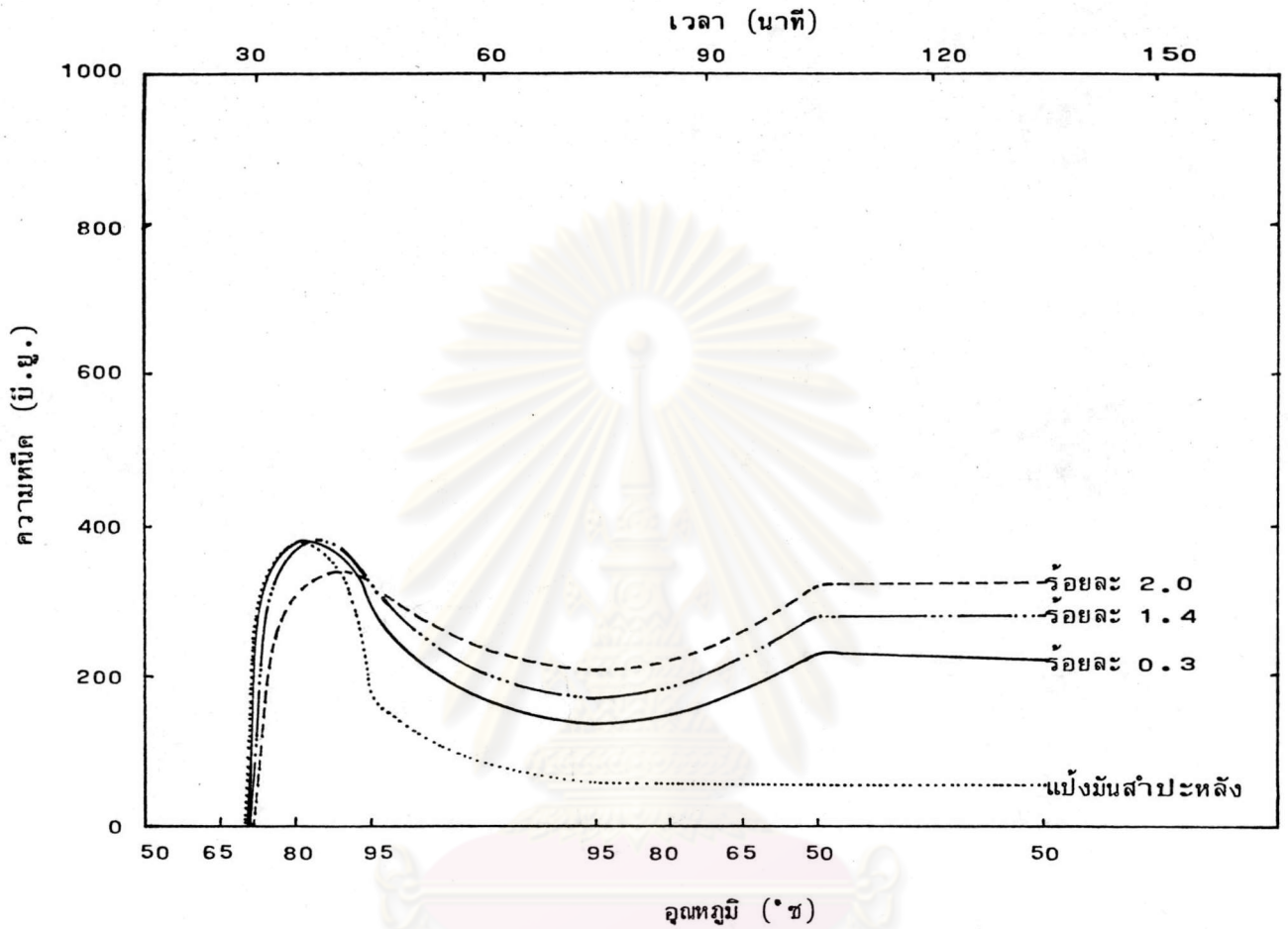
รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสตกค้างในแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพ และปริมาณโซเดียมไตรเมตาฟอสเฟตที่ใช้ในการ cross-linking ของแป้งมันสำปะหลังระดับต่าง ๆ

ศูนย์วิจัยพืชไร่
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



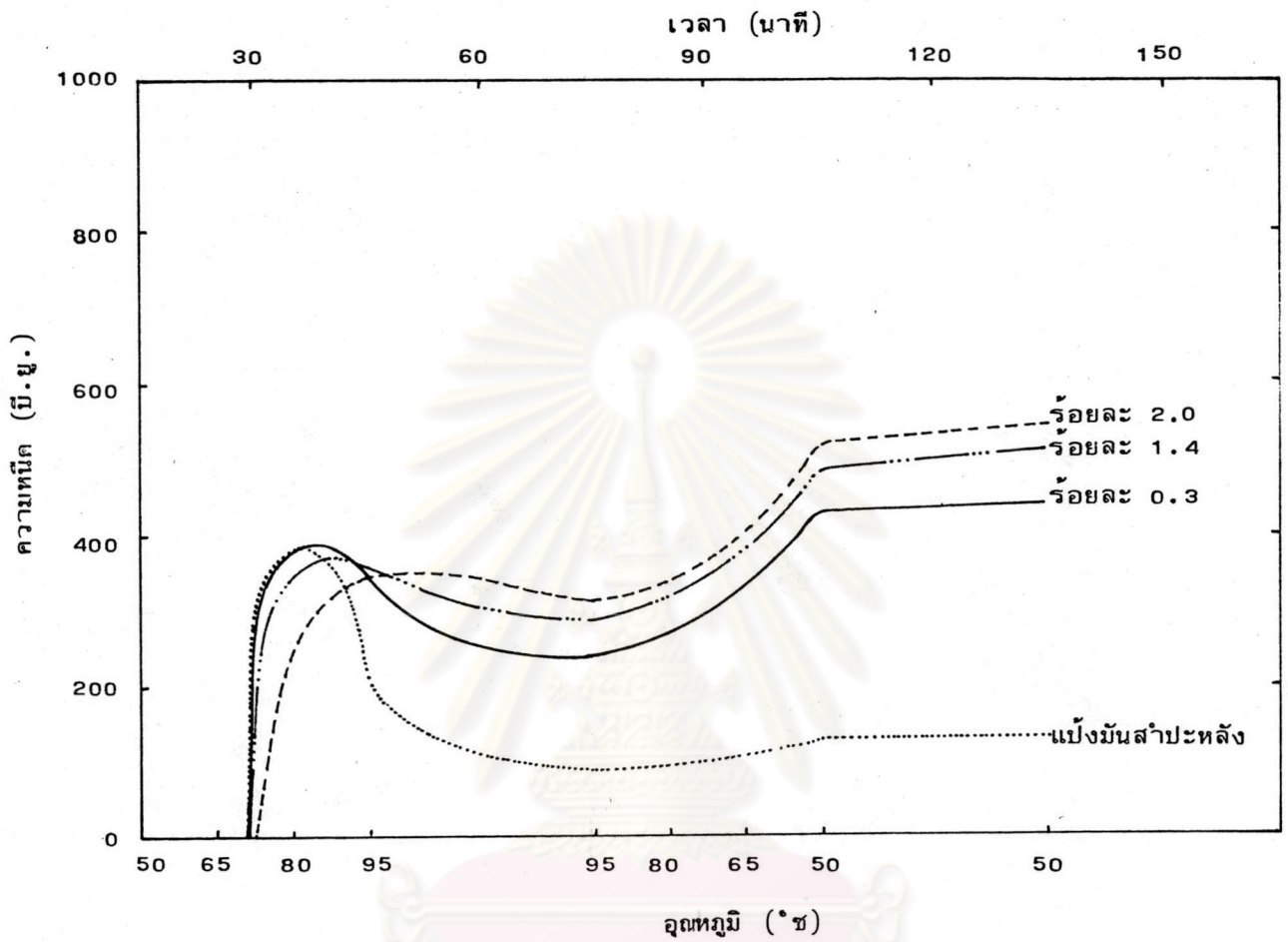
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความหนืดของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ใช้ ปริมาณไซเตียมไตรเมต้าฟอสเฟตระดับต่าง ๆ ที่ระดับ pH 3.0

1 วัดด้วยเครื่อง Brabender-Visco Amylograph ความเข้มข้นของ น้ำแป้งร้อยละ 5



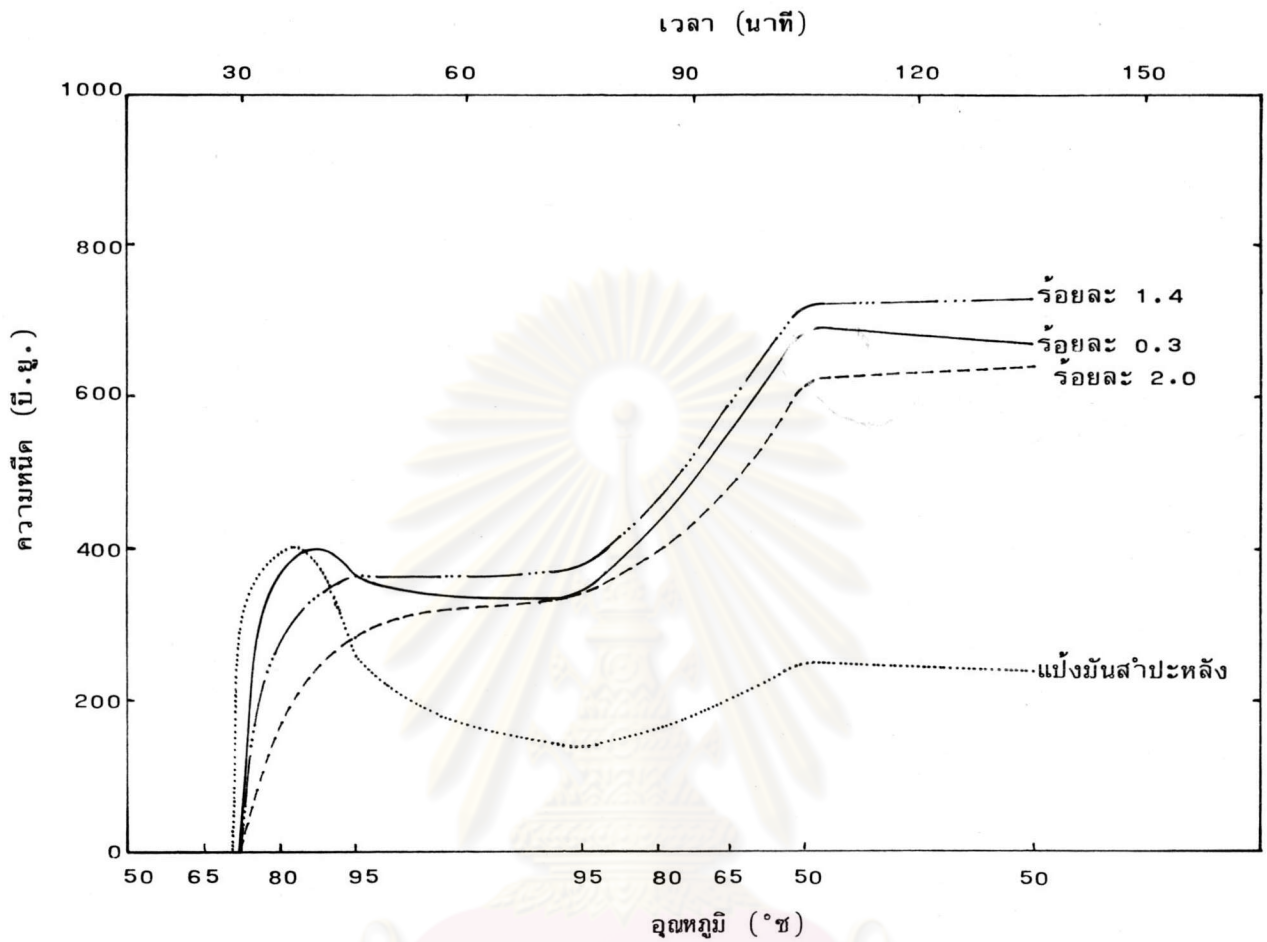
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความหนืดของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมตาฟอสเฟตระดับต่าง ๆ ที่ระดับ pH 3.5

1 วัดด้วยเครื่อง Brabender-Visco Amylograph ความเข้มข้นของน้ำแป้งร้อยละ 5



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความหนืดของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ใช้ ปริมาณไซโตเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตระดับต่าง ๆ ที่ระดับ pH 4.0

1 วัดด้วยเครื่อง Brabender-Visco Amylograph ความเข้มข้นของ-
น้ำแป้งร้อยละ 5



รูปที่ 4.15 กราฟแสดง¹ความหนืดของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ใช้ ปริมาณโซเดียมไตรเมตาฟอสเฟตระดับต่าง ๆ ที่ระดับ pH 5.0

1 วัดด้วยเครื่อง Brabender-Visco Amylograph ความเข้มข้น-
ของน้ำแป้งร้อยละ 5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความหนืดที่ 50°C นาน 30 นาที ที่ระดับ pH ต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 4.8 พบว่า เมื่อแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพมีระดับการ cross-linking ที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตสูงขึ้น ความหนืดที่ 50°C นาน 30 นาทีส่วนใหญ่จะมีค่าเพิ่มขึ้น และถ้าระดับ pH ลดลง ความหนืดที่ 50°C นาน 30 นาที จะมีค่าลดลง และจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าระดับการ cross-linking และระดับ pH ของสารละลายแป้งที่ใช้ มีผลทำให้ความหนืดที่ 50°C นาน 30 นาที ของ paste จากแป้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และแตกต่างกันในระหว่างระดับการ cross-linking และระดับ pH แต่ละระดับ ส่วนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดที่ 50°C นาน 30 นาที และระดับ pH ต่าง ๆ แสดงในรูปที่ 4.16

4.3.1.3 ความสามารถในการพองตัวของเม็ดแป้ง

ผลการตรวจสอบที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ เปรียบเทียบกับแป้งถั่วเขียวและแป้งมันสำปะหลัง แสดงในรูปที่ 4.17 พบว่า เมื่อปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตที่ใช้ในการ cross-linking สูงขึ้น ความสามารถในการพองตัวของเม็ดแป้งจะลดลง และมีค่าใกล้เคียงกับของแป้งถั่วเขียวมากขึ้น

4.3.1.4 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของ paste ระหว่าง heating-cooling cycle

กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดเปรียบเทียบกับแป้งถั่วเขียว ด้วยเครื่องวัด Brabender-Visco Amylograph ที่ระดับความเข้มข้นของน้ำแป้งร้อยละ 5 และ 8 แสดงในรูปที่ 4.18 และ 4.19 ตามลำดับ พบว่า paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตสูงขึ้น จะให้ลักษณะกราฟของความหนืดใกล้เคียงกับของแป้งถั่วเขียวมากขึ้นที่ระดับความเข้มข้นของน้ำแป้งแต่ละระดับ

4.3.2 การนำแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพไปใช้ เป็นสารทำให้เกิดความคงตัวในผลิตภัณฑ์ซอสมะเขือเทศ

4.3.2.1 ผลของระดับการ cross-linking และปริมาณของแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพต่อคุณภาพของซอสมะเขือเทศ

4.3.2.1.1 ความหนืด

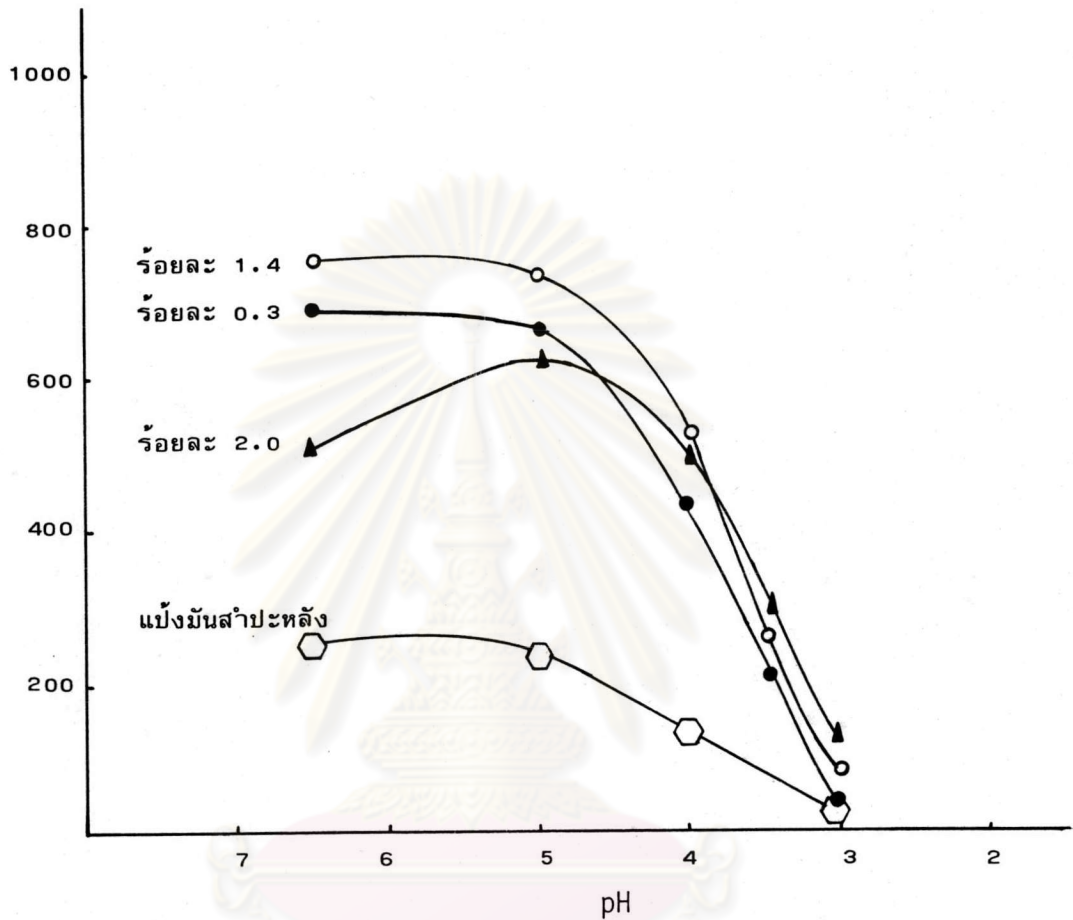
จากการตรวจสอบด้วยเครื่องวัด Brookfield - viscometer ผลของความหนืดของตัวอย่างซอสมะเขือเทศแสดงในตารางที่ 4.9 พบว่า

ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยของความหนืดที่อุณหภูมิ 50^oซ นาน 30 นาที ของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่มีระดับการ cross-linking - ต่าง ๆ ที่ระดับ pH ต่างกัน

ระดับการ cross-linking ของแป้ง	ค่าความหนืดที่ 50 ^o ซ นาน 30 นาที* (บี.ยู.)			
	pH 3.0	pH 3.5	pH 4.0	pH 5.0
แป้งมันสำปะหลัง	C 20.0 d	D 57.5 c	D 135.0 b	D 245.0 ^a
แป้งแปรสภาพที่ใช้ Na ₃ P ₃ O ₉ ร้อยละ 0.3	C 32.5 d	C 215.0 c	C 440.0 b	B 665.0 ^a
แป้งแปรสภาพที่ใช้ Na ₃ P ₃ O ₉ ร้อยละ 1.4	B 77.5 d	B 275.0 c	B 507.5 b	A 732.0 ^a
แป้งแปรสภาพที่ใช้ Na ₃ P ₃ O ₉ ร้อยละ 2.0	A 120.0 d	A 330.0 c	A 537.5 b	C 625.0 ^a

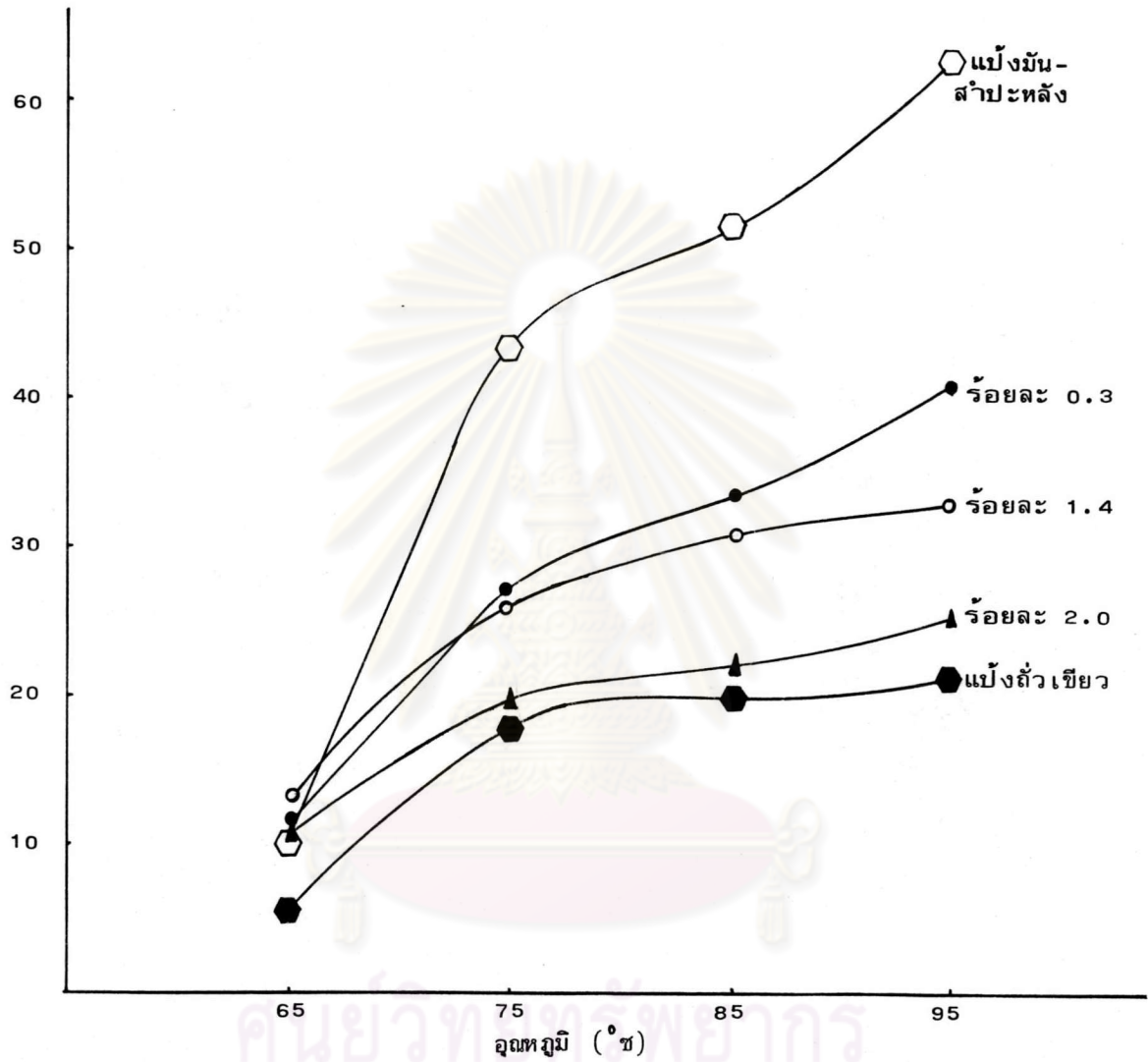
- * 1 วัดด้วยเครื่อง Brabender-Visco Amylograph ความเข้มข้นของน้ำแป้งร้อยละ 5
- 2 ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตัวใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในระหว่างระดับการ cross-linking ต่างกัน
- 3 ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตัวเล็กเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในระหว่าง pH ระดับต่างกัน
- 4 การคำนวณแสดงในภาคผนวก ค.2

ความหนืดที่ 50^oซ นาน 30 นาที (บี.ยู.)



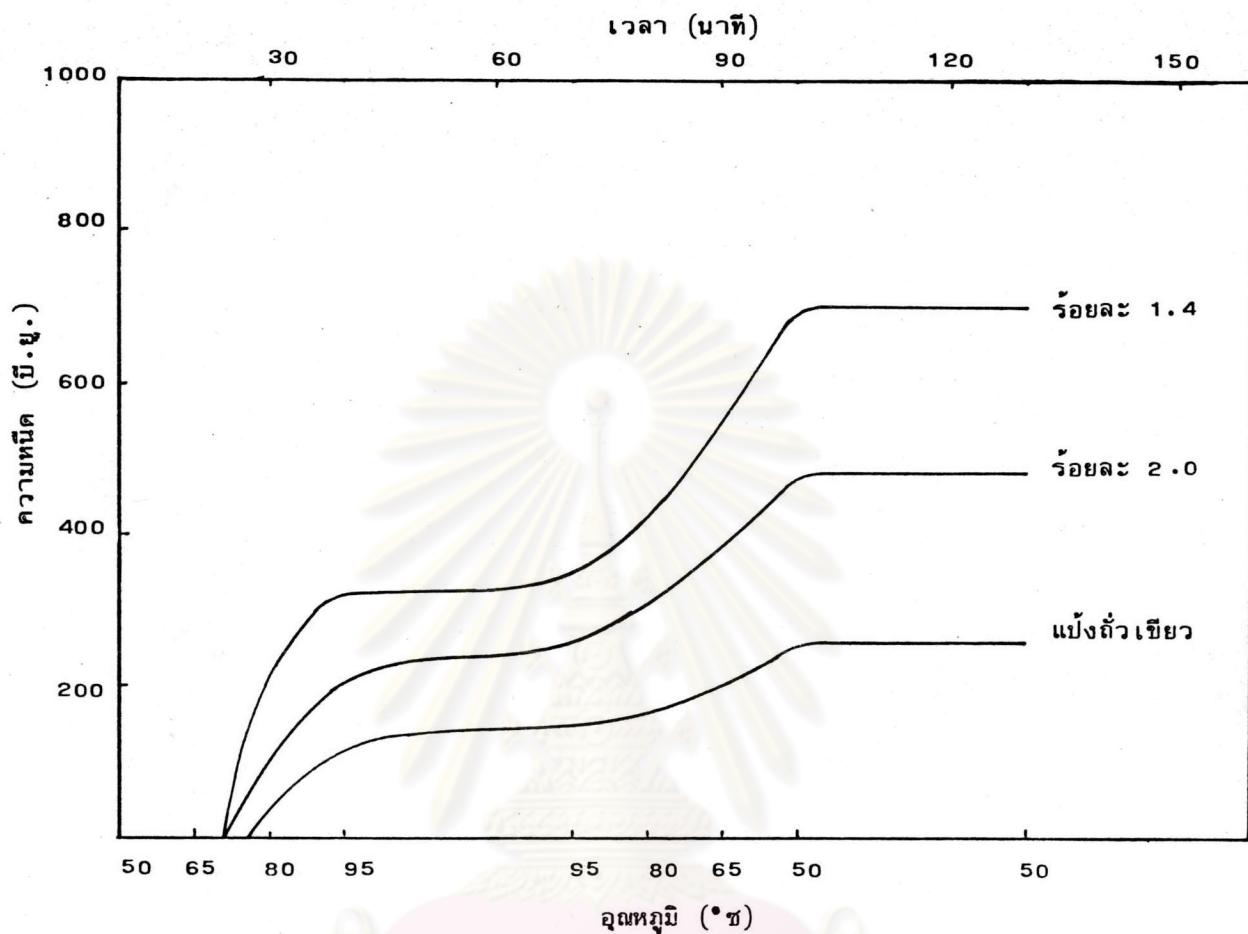
รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดที่อุณหภูมิ 50^oซ นาน 30 นาที ของ-paste จากน้ำมันสำปะหลังแปรสภาพที่มีระดับการ cross-linking ที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมตาฟอสเฟตต่างกัน และระดับ pH ต่าง ๆ

ความสามารถในการพองตัว



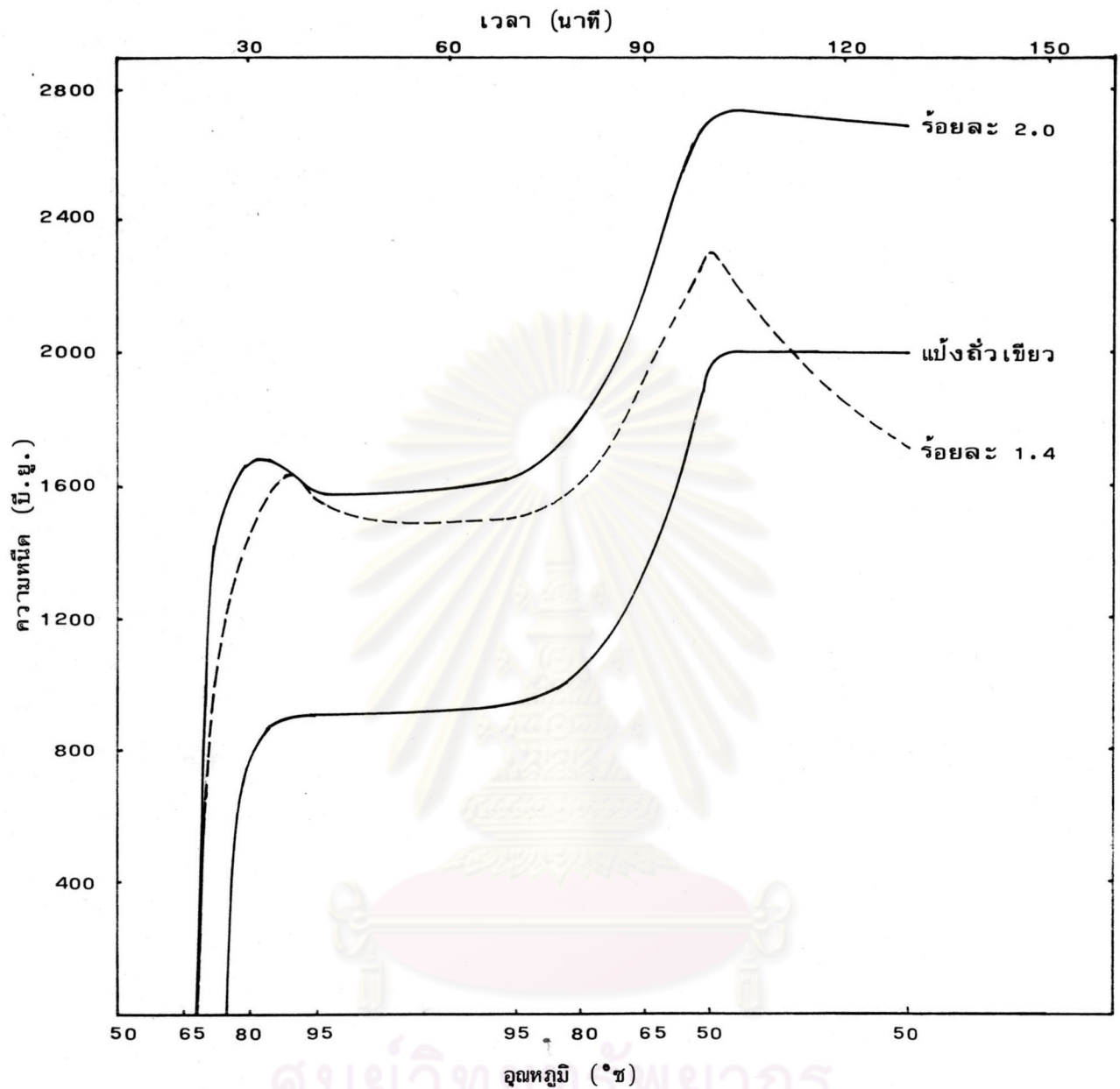
รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการพองตัวของเม็ดแข็งมันสำปะหลัง-¹ แปรสภาพที่มีระดับการ cross-linking ที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมตาฟอสเฟตต่างกัน และระดับอุณหภูมิต่างๆ

1 ความสามารถในการพองตัว เท่ากับ น้ำหนักของ paste ต่อน้ำหนักของแข็งแห้งใน paste



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความหนืดของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่มีระดับการ cross-linking ที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมตาฟอสเฟต ร้อยละ 1.4 และ 2.0

1 วัดด้วยเครื่อง Brabender-Visco Amylograph ความเข้มข้นของน้ำแป้งร้อยละ 5



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงความหนืดของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่มีระดับการ cross-linking ที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟต ร้อยละ 1.4 และ 2.0

1 วัดด้วยเครื่อง Brabender-Visco Amylograph ความเข้มข้นของน้ำแป้งร้อยละ 8

ตารางที่ 4.9 ความหนืดของซอสมะเขือเทศที่ใช้แป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่มีระดับ-
การ cross-linking ต่าง ๆ ในปริมาณการใช้ระดับต่าง ๆ กัน

ตัวอย่าง		ค่าเฉลี่ยความหนืด* (ซีพีเอส)
ซอสมะเขือเทศมาตรฐาน		2,475 ^b
ซอสมะเขือเทศที่ใช้แป้งแปรสภาพ ระดับที่ใช้ $\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_9$ ร้อยละ 1.4	ร้อยละ 1	4,000 ^{ab}
	ร้อยละ 3	5,550 ^a
ซอสมะเขือเทศที่ใช้แป้งแปรสภาพ ระดับที่ใช้ $\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_9$ ร้อยละ 2.0	ร้อยละ 1	5,340 ^a
	ร้อยละ 3	3,800 ^{ab}

- * 1 วัดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer spindle เบอร์ 5 ความเร็วรอบ 20 rpm และที่อุณหภูมิของตัวอย่าง 25 ± 2.0 °ซ
- 2 ซีพีเอส ย่อมาจาก centripoise (cps)
- 3 ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อ-
มั่นร้อยละ 95
- 4 การคำนวณแสดงในภาคผนวก ค.1

การใช้แป้งมันสำปะหลังแปรสภาพเป็นสารทำให้เกิดความคงตัวในซอสมะ เชื้อเทศมีผลทำให้ความหนืดของซอสมะเชื้อเทศเพิ่มขึ้น และจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ตัวอย่างซอสมะเชื้อเทศที่ใช้แป้งมันสำปะหลังแปรสภาพมีความหนืดแตกต่างจากซอสมะเชื้อเทศมาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.3.2.1.2 ประเมินการแยกชั้น ความข้น และลักษณะ

เนื้อสัมผัส

ผลของคะแนนเฉลี่ยในการประเมินการแยกชั้น ความข้น และลักษณะเนื้อสัมผัสของซอสมะเชื้อเทศ โดยใช้ผู้ทดสอบทั่วไป 16 คน แสดงในตารางที่ 4.10 พบว่าตัวอย่างซอสมะเชื้อเทศที่ใช้แป้งมันสำปะหลังแปรสภาพเป็นสารทำให้เกิดความคงตัว มีคะแนนการแยกชั้น และความข้นดีกว่าซอสมะเชื้อเทศมาตรฐาน ส่วนคะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสของทุกตัวอย่างมีค่าใกล้เคียงกัน และจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ตัวอย่างซอสมะเชื้อเทศที่ใช้แป้งมันสำปะหลังแปรสภาพมีคะแนนการแยกชั้น และความข้นแตกต่างจากซอสมะเชื้อเทศมาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และแตกต่างกันในระหว่างระดับการ cross-linking และปริมาณของแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ใช้ ส่วนคะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสของซอสมะเชื้อเทศทุกตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.3.2.2 อายุการเก็บของซอสมะเชื้อเทศ

ผลการติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของซอสมะเชื้อเทศในระหว่างการเก็บเป็นเวลา 6 เดือน โดยวัดความหนืดด้วยเครื่องวัด Brookfield viscometer แสดงในตารางที่ 4.11 พบว่าความหนืดของตัวอย่างมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย และจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ความหนืดของซอสมะเชื้อเทศระหว่างการเก็บไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนกราฟการเปลี่ยนแปลงความหนืดระหว่างการเก็บเป็นเวลา 6 เดือน แสดงในรูปที่ 4.20

ผลของคะแนนเฉลี่ยในการประเมินการแยกชั้น ความข้น และลักษณะเนื้อสัมผัสของซอสมะเชื้อเทศระหว่างการเก็บ โดยใช้ผู้ทดสอบทั่วไป 16 คน แสดงในตารางที่ 4.12 พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงการแยกชั้น ความข้น และลักษณะเนื้อสัมผัสระหว่างการเก็บเล็กน้อย และจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า คะแนนการแยกชั้น และลักษณะเนื้อสัมผัสของซอสมะเชื้อเทศในระหว่างการเก็บเป็นเวลา 6 เดือน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น

ตารางที่ 4.10 คะแนนเฉลี่ยของการแยกชั้น ความชื้น และลักษณะเนื้อสัมผัสของซอสมะเขือเทศที่ใช้แป้งมันสำปะหลังแปรรูปสภาพไปปริมาณต่างกัน

ตัวอย่าง	คะแนนเฉลี่ย*			สรุปผลรวม
	การแยกชั้น (0-2)	ความชื้น (1-5)	ลักษณะเนื้อสัมผัส (0-2)	
ซอสมะเขือเทศมาตรฐาน	0.469 ^c	1.625 ^g	1.750 ^{ns}	มีการแยกชั้น เกลวมากไป เนื้อสัมผัสเหนียน
ซอสมะเขือเทศที่ใช้แป้งแปรรูประดับที่ใช้ $\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_9$	ร้อยละ 1	0.594 ^{bc}	1.750 ^{ns}	มีการแยกชั้น เกลวมากไป เนื้อสัมผัสเหนียน
	ร้อยละ 3	1.688 ^d	1.563 ^{ns}	เกือบเป็นเนื้อเดียวกัน ช้นไปเล็กน้อย เนื้อสัมผัสเหนียน
ซอสมะเขือเทศที่ใช้แป้งแปรรูประดับที่ใช้ $\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_9$	ร้อยละ 1	1.375 ^{ab}	1.938 ^{ns}	เกือบเป็นเนื้อเดียวกัน ช้นพอเหมาะ เนื้อสัมผัสเหนียน
	ร้อยละ 3	1.000 ^b	2.313 ^f	แยกชั้น เล็กน้อย เกลวไป เนื้อสัมผัสเหนียน

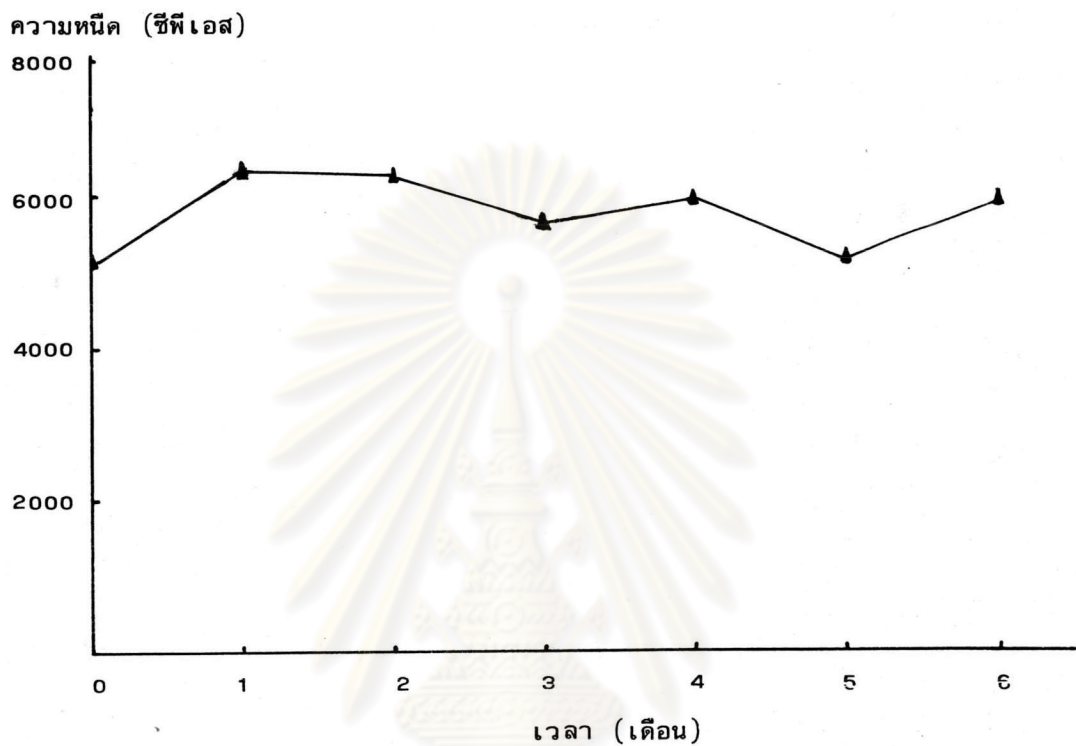
* 1 ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2 การคำนวณแสดงในภาคผนวก ค.1

ตารางที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยของความหนืดของข้อสมะเชื้อ เทคที่ใช้แมงมันสำปะหลังแปรสภาพเมื่อเริ่มเก็บรักษาและทุก ๆ 1 เดือน

ตัวอย่าง	ความหนืด* (ซีพีเอส)						
	เริ่มต้น	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3	เดือนที่ 4	เดือนที่ 5	เดือนที่ 6
ข้อสมะเชื้อ เทคที่ใช้แปรสภาพ- ระดับที่ใช้ $\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_9$ ร้อยละ 2.0 ในปริมาณร้อยละ 1	5,090 ^{ns}	5,990 ^{ns}	6,250 ^{ns}	5,620 ^{ns}	5,270 ^{ns}	5,150 ^{ns}	5,100 ^{ns}

- * 1 ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
2 การคำนวณแสดงในภาคผนวก ค. 1



รูปที่ 4.20 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของซอสแม่แข็งที่ใช้อิมัลชันสำหรับ-
 แปรสภาพที่มีระดับการ cross-linking ที่ใช้ปริมาณโซเดียม-
 ไตรเมตาฟอสเฟตร้อยละ 2.0 ในปริมาณการใช้ร้อยละ 1 ใน-
 ระหว่างการเก็บ

ตารางที่ 4.12 คะแนนเฉลี่ยของการแยกชั้น ความชื้น และลักษณะเนื้อสัมผัสของซอสมะเขือเทศที่ใช้แป้งมันสำปะหลัง - แปรสภาพที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเฟออสเฟตร้อยละ 2.0 ในปริมาณการใช้ร้อยละ 1 เมื่อเริ่มเก็บ และ

ทุก ๆ 1 เดือน

คุณภาพ	คะแนนเฉลี่ย*						ค่าเฉลี่ย	
	เริ่มต้น	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3	เดือนที่ 4	เดือนที่ 5		เดือนที่ 6
การแยกชั้น (0-2)	1.375 ^{ns}	1.438 ^{ns}	1.813 ^{ns}	1.125 ^{ns}	1.375 ^{ns}	1.250 ^{ns}	1.188 ^{ns}	1.188
ความชื้น (1-5)	3.250 ^a	2.750 ^b	3.313 ^a	3.500 ^a	3.375 ^a	3.188 ^a	3.125 ^a	3.214
ลักษณะเนื้อสัมผัส (0-2)	1.938 ^{ns}	1.688 ^{ns}	1.875 ^{ns}	1.750 ^{ns}	1.813 ^{ns}	1.875 ^{ns}	2.000 ^{ns}	1.848

* 1 ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2 การคำนวณแสดงในภาคผนวก ค.1

ร้อยละ 95 แต่คะแนนความชื้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.3.3 การนำแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพไปทดแทนบางส่วนของแป้งข้าวในการผลิตวุ้นเส้น

4.3.3.1 ขนาดเส้น

ผลการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของวุ้นเส้นชนิดต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 4.13 พบว่าตัวอย่างวุ้นเส้นมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใกล้เคียงกัน และจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของวุ้นเส้นทุกตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.3.3.2 การคืนตัวและปริมาณน้ำในวุ้นเส้น

ผลของการคืนตัวและปริมาณน้ำในวุ้นเส้นของวุ้นเส้นชนิดต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 4.14 และ 4.15 ตามลำดับ พบว่าการคืนตัวและปริมาณน้ำในวุ้นเส้นจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้ในการลวก แต่เมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ในการลวกเท่ากัน การคืนตัวและปริมาณน้ำในวุ้นเส้นจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยถ้าปริมาณการทดแทนแป้งข้าว ด้วยแป้งชนิดอื่นสูงขึ้น และจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การคืนตัวและปริมาณน้ำในวุ้นเส้นที่ทำจากแป้งข้าวผสมแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมตาฟอสเฟตร้อยละ 1.4 ในอัตราส่วน 80:20 และวุ้นเส้นเกรดเอ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับวุ้นเส้นที่ทำจากแป้งข้าวผสมแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมตาฟอสเฟตร้อยละ 2.0 ในอัตราส่วน 50:50 มีการคืนตัวหลังจากลวกเป็นเวลา 15 นาที แตกต่างจากวุ้นเส้นเกรดเออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่มีปริมาณน้ำในวุ้นเส้นไม่แตกต่างจากวุ้นเส้นเกรดเออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการคืนตัวและปริมาณน้ำในวุ้นเส้นและระยะเวลาต่าง ๆ ที่ใช้ในการลวก แสดงในรูปที่ 4.21 และ 4.22 ตามลำดับ

4.3.3.3 ปริมาณเนื้อแป้งที่สูญเสียไประหว่างการหุงต้ม

ผลของปริมาณเนื้อแป้งที่สูญเสียไประหว่างการหุงต้มแสดงในตารางที่ 4.16 พบว่าปริมาณเนื้อแป้งที่สูญเสียไประหว่างการหุงต้มจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้ในการต้ม และในระยะเวลาที่ใช้ในการต้มเท่ากัน วุ้นเส้นที่ทำจากแป้งข้าวผสมแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมตาฟอสเฟตร้อยละ 1.4 ในอัตราส่วน 80:20 มี



ตารางที่ 4.13 ค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของวุ้นเส้นแต่ละเส้นที่ทำจาก-
แป้งผสมต่าง ๆ

ตัวอย่างวุ้นเส้น	ค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง* (มม.)			
	เส้นที่ 1	เส้นที่ 2	เส้นที่ 3	ค่าเฉลี่ย
วุ้นเส้นเกรดเอ แป้งถั่วเขียว : แป้งมันสำปะหลัง = 90:10	0.66	0.62	0.62	0.63 ^{ns}
แป้งถั่วเขียว : แป้งแปรสภาพที่ใช้ $\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_9$ ร้อยละ 1.4 = 80:20	0.64	0.62	0.58	0.61 ^{ns}
วุ้นเส้นเกรดบี แป้งถั่วเขียว : แป้งมันสำปะหลัง = 60:40	0.62	0.58	0.58	0.59 ^{ns}
แป้งถั่วเขียว : แป้งแปรสภาพที่ใช้ $\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_9$ ร้อยละ 2.0 = 50:50	0.58	0.50	0.58	0.55 ^{ns}

- * 1 ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95
- 2 การคำนวณแสดงในภาคผนวก ค.1

ตารางที่ 4.14 ค่าเฉลี่ยของการคืนตัวของปูนเส้นที่ทำจากแม่ผสมต่าง ๆ และผ่านการลวกในน้ำเดือดที่เวลาต่าง ๆ กัน

ตัวอย่างปูนเส้น	การคืนตัว *														
	เวลาในการลวก (นาที)														
	1	3	5	7	9	11	13	15							
ปูนเส้นเกรด เอ แม่ตัวเขียว : แม่ขี้มันสำปะหลัง = 90 : 10	A _{2.60} ^a	A _{3.77} ^b	A _{4.42} ^c	A _{5.08} ^d	A _{5.26} ^d	A _{5.83} ^e	A _{5.99} ^e	A _{6.47} ^f							
แม่ตัวเขียว : แม่แปรสภาพที่ใช้ Na ₃ P ₃ O ₉ ร้อยละ 1.4 = 80:20	A _{2.71} ^a	A _{3.72} ^b	A _{4.46} ^c	A _{4.95} ^d	A _{5.47} ^e	A _{5.80} ^{ef}	A _{5.91} ^f	A _{6.29} ^g							
ปูนเส้นเกรด บี แม่ตัวเขียว : แม่ขี้มันสำปะหลัง = 60 : 40	A _{2.70} ^a	AB _{4.05} ^b	B _{5.21} ^c	B _{5.82} ^d	C _{6.38} ^e	C _{6.77} ^f	C _{7.15} ^g	C _{7.85} ^h							
แม่ตัวเขียว : แม่แปรสภาพที่ใช้ Na ₃ P ₃ O ₉ ร้อยละ 2.0 = 50:50	A _{2.88} ^a	B _{4.17} ^b	B _{4.93} ^c	B _{5.62} ^d	B _{6.03} ^e	B _{6.32} ^{ef}	B _{6.55} ^f	B _{6.91} ^g							

* 1 การคืนตัวมีค่าเท่ากับน้ำหนักรวมของปูนเส้นหลังลวกคือน้ำหนักของปูนเส้นก่อนลวก

2 ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรตัวใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในระหว่างแม่ผสมระดับต่างกัน

3 ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรตัวเล็กเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในระหว่างเวลาในการลวก

ระดับต่างกัน

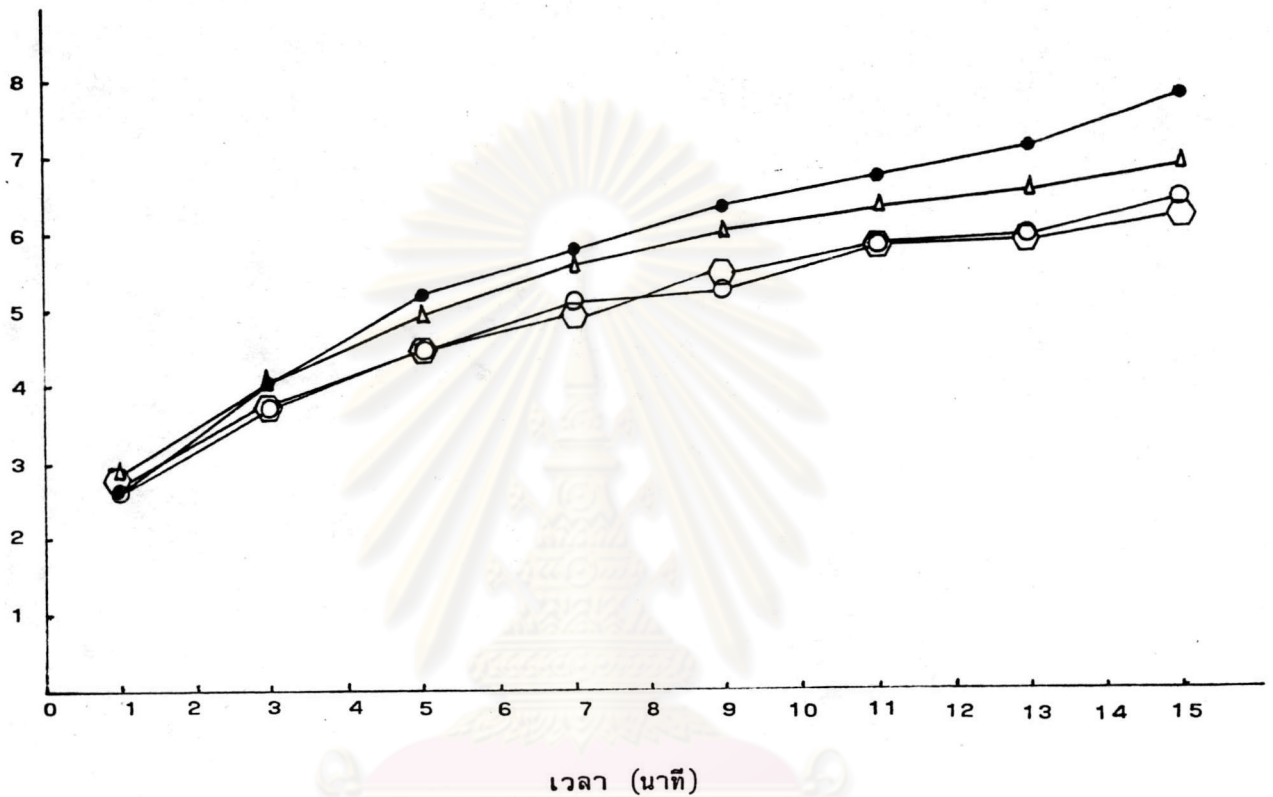
4 การคำนวณแสดงในภาคผนวก ค. 2

ตารางที่ 4.15 ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำในวุ้น เส้นที่ทำจากแป้งผสมต่าง ๆ และผ่านการลวกในน้ำเดือดที่เวลาต่าง ๆ กัน

ตัวอย่างวุ้นเส้น	ปริมาณน้ำในวุ้นเส้น* (ร้อยละ)															ค่าเฉลี่ย
	เวลาในการลวก (นาที)															
	1	3	5	7	9	11	13	15								
วุ้นเส้นเกรด เอ แป้งข้าวเหนียว : แป้งมันสำปะหลัง = 90 : 10	61.48	73.31	77.47	80.32	81.00	82.83	83.29	84.54	78.03 ^a							
แป้งข้าวเหนียว : แป้งแปรสภาพที่ไร่ Na ₃ P ₃ O ₉ ร้อยละ 1.4 = 80:20	63.10	73.12	77.51	79.82	81.72	82.76	83.07	83.95	78.15 ^a							
วุ้นเส้นเกรด บี แป้งข้าวเหนียว : แป้งมันสำปะหลัง = 60 : 40	62.93	75.30	80.81	82.75	84.32	85.22	86.01	87.26	80.58 ^b							
แป้งข้าวเหนียว : แป้งแปรสภาพที่ไร่ Na ₃ P ₃ O ₉ ร้อยละ 2.0 = 50:50	65.18	75.96	79.69	82.21	83.41	84.18	84.74	85.52	80.11 ^b							
ค่าเฉลี่ย	63.17 ^A	74.42 ^B	78.87 ^C	81.29 ^D	82.61 ^{DE}	83.75 ^{EF}	84.28 ^{EF}	85.35 ^F								

* 1 ปริมาณน้ำในวุ้นเส้น มีค่าเท่ากับร้อยละของผลต่างระหว่างน้ำหนักของวุ้น เส้นหลังลวกและน้ำหนักของวุ้น เส้นก่อนลวกคือน้ำหนักของวุ้น เส้นหลังลวก
 2 ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความ เชื่อมั่นร้อยละ 95
 3 การคำนวณแสดงในภาคผนวก ค. 2

การคืนตัว



รูปที่ 4.21 การคืนตัวของวงเส้นที่ผ่านการลวกในน้ำเดือดที่เวลาต่าง ๆ

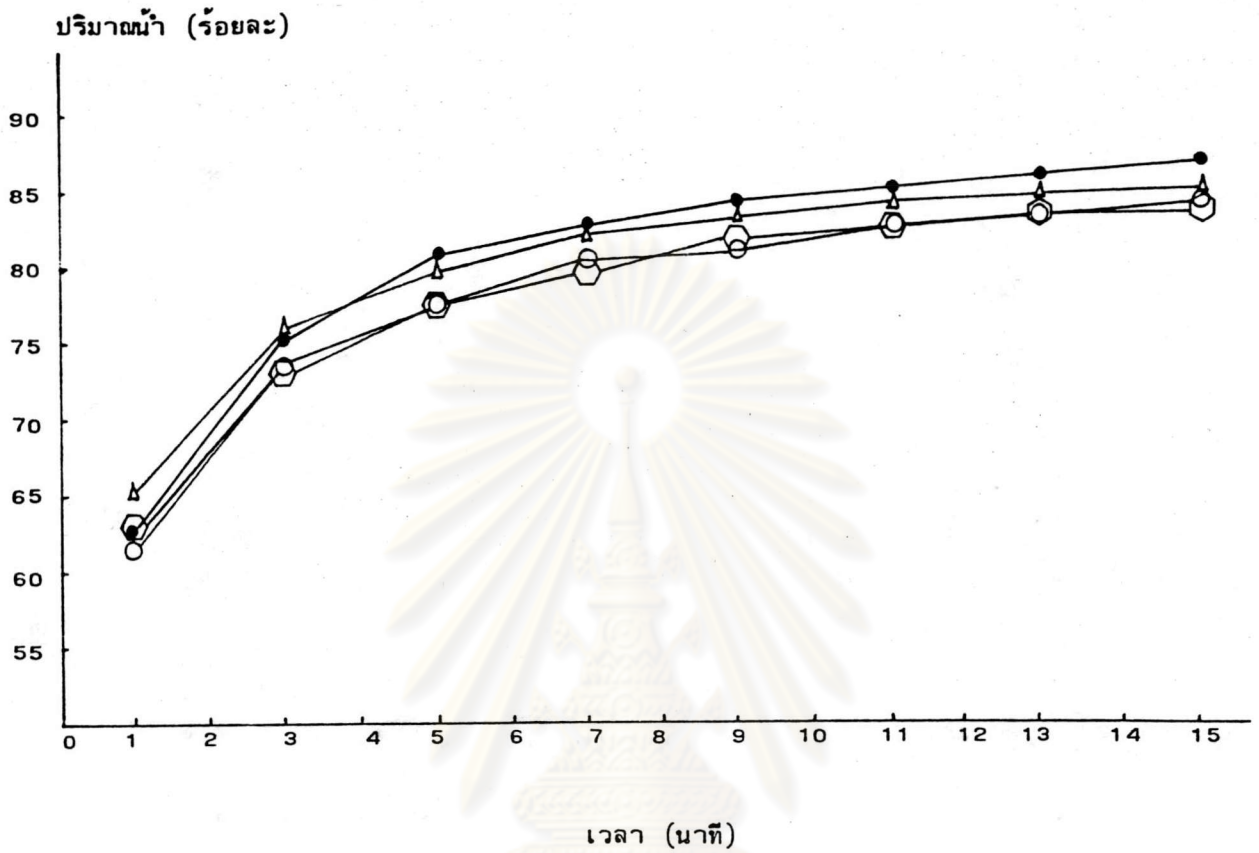
○ = วงเส้นเกรด เอ

◻ = วงเส้นที่ทำจากแป้งถั่วเขียว:แป้งแปรสภาพที่ใช้ $\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_9$ ¹ ร้อยละ 1.4=80:20

● = วงเส้นเกรด บี

△ = วงเส้นที่ทำจากแป้งถั่วเขียว:แป้งแปรสภาพที่ใช้ $\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_9$ ร้อยละ 2.0=50:50

¹ $\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_9$ = โซเดียมไตรเมตาฟอสเฟต



รูปที่ 4.22 ปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นในจูนเส้นหลังจากผ่านการลวกในน้ำเดือดที่เวลาต่าง ๆ

○ = จูนเส้นเกรด เอ

⬡ = จูนเส้นที่ทำจากแป้งถั่วเขียว : แป้งแปรสภาพที่ใช้ $\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_9$ 1 ร้อยละ 1.4=80:20

● = จูนเส้นเกรด บี

△ = จูนเส้นที่ทำจากแป้งถั่วเขียว : แป้งแปรสภาพที่ใช้ $\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_9$ 2 ร้อยละ 2.0=50:50

1 $\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_9$ = โซเดียมไตรเมตาฟอสเฟต

ตารางที่ 4.16 ค่าเฉลี่ยของปริมาณเนื้อแป้งที่สูญเสียไประหว่างการหุงต้มของรุ่น เส้นที่ทำจากแป้งผสมต่าง ๆ และผ่านการต้มเดือดในเวลาต่าง ๆ กัน

ตัวอย่างรุ่นเส้น	ปริมาณเนื้อแป้งที่สูญเสียไป* (ร้อยละ)														
	เวลาในการต้มเดือด (นาที)														
	1	3	5	7	9	11	13	15							
รุ่นเส้นเกรด เอ แป้งข้าวเหนียว : แป้งมันสำปะหลัง = 90 : 10	A _{0.72} ^a	A _{1.08} ^{ab}	A _{1.41} ^b	A _{1.42} ^b	A _{1.72} ^{bc}	A _{1.75} ^{bc}	A _{1.99} ^{bc}	A _{2.24} ^c							
แป้งข้าวเหนียว : แป้งแปรสภาพที่ใช้ Na ₃ P ₃ O ₉ ร้อยละ 1.4 = 80:20	A _{0.99} ^a	B _{1.67} ^b	B _{2.00} ^{bc}	B _{2.24} ^{bc}	B _{2.51} ^c	B _{2.45} ^c	B _{3.13} ^d	B _{3.31} ^d							
รุ่นเส้นเกรด บี แป้งข้าวเหนียว : แป้งมันสำปะหลัง = 60 : 40	A _{0.92} ^a	B _{1.82} ^b	C _{2.57} ^c	C _{3.01} ^{cd}	C _{3.52} ^d	C _{3.73} ^{de}	C _{4.01} ^{de}	C _{4.80} ^f							
แป้งข้าวเหนียว : แป้งแปรสภาพที่ใช้ Na ₃ P ₃ O ₉ ร้อยละ 2.0 = 50:50	A _{0.98} ^a	AB _{1.28} ^{ab}	AB _{1.66} ^b	AB _{1.93} ^{bc}	AB _{2.22} ^c	B _{2.76} ^{cd}	B _{2.75} ^{cd}	B _{2.93} ^d							

* 1 ปริมาณเนื้อแป้งที่สูญเสียไปมีค่าเท่ากับ ร้อยละของน้ำหนักแป้งแห้งที่ละลายออกมาระหว่างการต้มเดือดของน้ำหนักของรุ่นเส้นแห้ง

2 ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตัวใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในระหว่างแป้งผสมต่างกัน

3 ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตัวเล็กเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในระหว่างเวลาในการต้มเดือดระดับต่างกัน

4 การคำนวณแสดงในภาคผนวก ค.2

ปริมาณเนื้อแป้งที่สูญเสียไปสูงกว่าเส้น เกรดเอ ส่วนเส้นที่ทำจากแป้งถั่วเขียวผสมแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมตาฟอสเฟตร้อยละ 2.0 ในอัตราส่วน 50:50 มีปริมาณเนื้อแป้งที่สูญเสียไปต่ำกว่าเส้น เกรดบี และจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ปริมาณเนื้อแป้งที่สูญเสียไประหว่างการหุงต้มของเส้นเส้นชนิดต่าง ๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเนื้อแป้งที่สูญเสียไประหว่างการหุงต้มและระยะเวลาต่าง ๆ ที่ใช้ในการหุงต้ม แสดงในรูปที่ 4.23

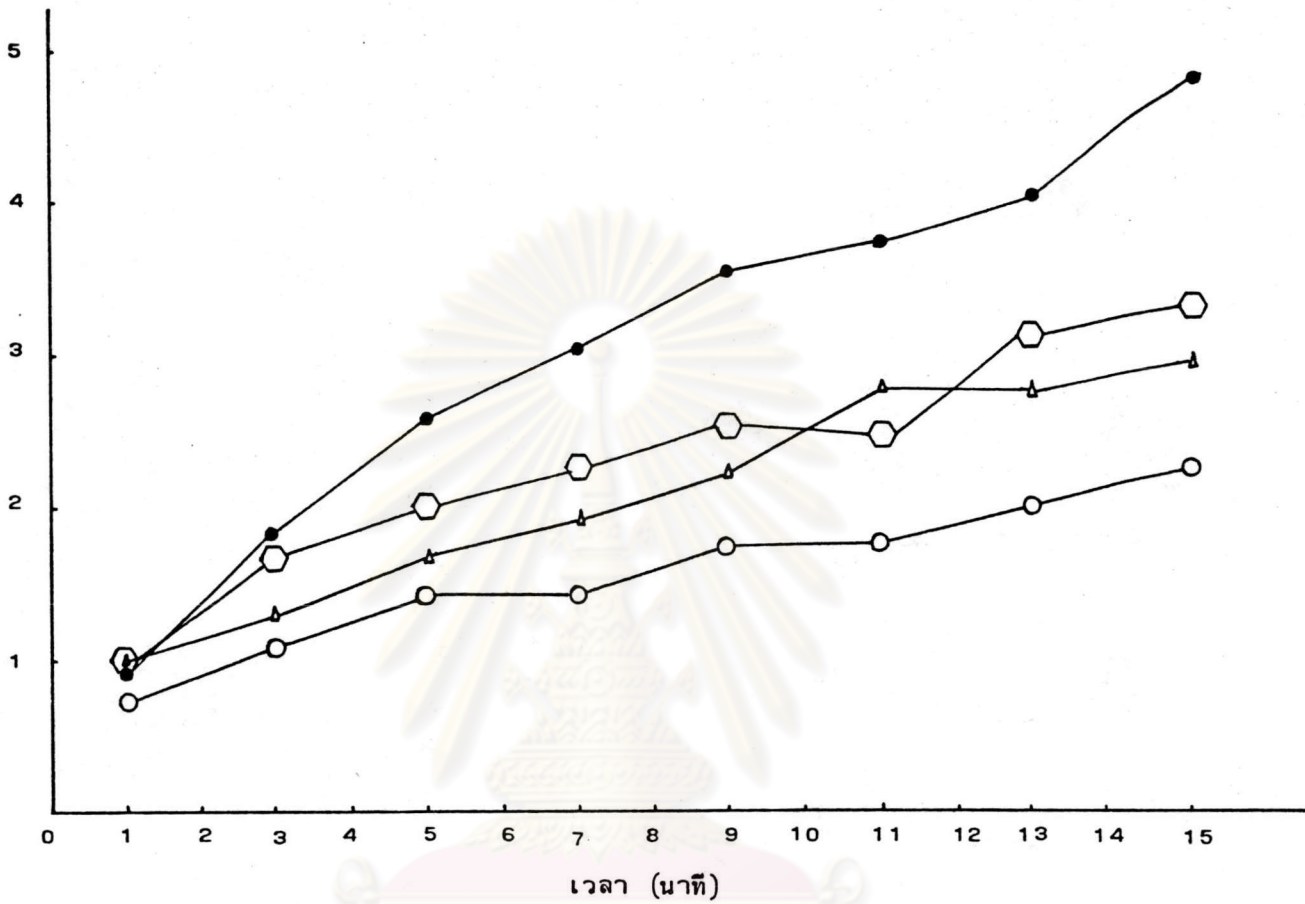
4.3.3.4 ประเมินลักษณะเส้นและสีของเส้น

ผลของคะแนนเฉลี่ยลักษณะเส้นและสีของเส้น โดยที่ใช้ผู้ทดสอบทั่วไป 10 คน แสดงในตารางที่ 4.17 พบว่าเส้นที่ทำจากแป้งถั่วเขียวผสมแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมตาฟอสเฟตร้อยละ 1.4 ในอัตราส่วน 80:20 มีคะแนนลักษณะเส้นต่ำกว่าเส้น เกรดเอ เล็กน้อย ส่วนเส้นที่ทำจากแป้งถั่วเขียวผสมแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมตาฟอสเฟตร้อยละ 2.0 ในอัตราส่วน 50:50 มีคะแนนลักษณะเส้นดีกว่าเส้น เกรดบี และจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า คะแนนลักษณะเส้นของเส้นเส้นชนิดต่าง ๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ส่วนสีของเส้นนั้น ทุกตัวอย่างมีคะแนนใกล้เคียงกัน และจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า สีของตัวอย่างเส้นต่าง ๆ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปริมาณเนื้อแป้งที่สูญเสีย (ร้อยละ)



รูปที่ 4.23 ปริมาณเนื้อแป้งที่สูญเสียไประหว่างการหุงต้มของวุ้นเส้นที่ผ่านการต้มในน้ำเดือด-
ที่เวลาต่าง ๆ

○ = วุ้นเส้นเกรด เอ

◻ = วุ้นเส้นที่ทำจากแป้งถั่วเขียว : แป้งแปรสภาพที่ใช้ $\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_9$ ¹ ร้อยละ 1.4=80:20

● = วุ้นเส้นเกรด บี

△ = วุ้นเส้นที่ทำจากแป้งถั่วเขียว : แป้งแปรสภาพที่ใช้ $\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_9$ ร้อยละ 2.0=50:50

¹ $\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_9$ = โซเดียมไตรเมตาฟอสเฟต



ตารางที่ 4.17 คะแนนเฉลี่ยลักษณะ เส้นและสีของวุ้นเส้นที่ทำจากแป้งผสมต่าง ๆ

ตัวอย่างวุ้นเส้น	คะแนนเฉลี่ย*	
	ลักษณะ เส้น (1-4)	สี (1-4)
วุ้นเส้นเกรด เอ แป้งข้าวเขียว : แป้งมันสำปะหลัง = 90 : 10	3.00 ^{ab}	2.90 ^{ns}
แป้งข้าวเขียว : แป้งแปรสภาพที่ใช้ Na ₃ P ₃ O ₉ ร้อยละ 1.4 = 80:20	2.60 ^{ab}	3.25 ^{ns}
วุ้นเส้นเกรด บี แป้งข้าวเขียว : แป้งมันสำปะหลัง = 60 : 40	2.20 ^b	3.05 ^{ns}
แป้งข้าวเขียว : แป้งแปรสภาพที่ใช้ Na ₃ P ₃ O ₉ ร้อยละ 2.0 = 50:50	3.70 ^a	3.55 ^{ns}

- * 1 คะแนนเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความ-
เชื่อมั่นร้อยละ 95
- 2 การคำนวณแสดงในภาคผนวก ค.1