

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาผลของตัวแปรต่าง ๆ ในการแยกแป้งจากเมล็ดข้าวโพดโดยกระบวนการ wet milling

4.1.1 ผลของ เวลาในการแยกแป้งข้าวโพด

แปรค่าเวลาในการแช่เมล็ดข้าวโพดจาก 24 ถึง 120 ชั่วโมง โดยเพิ่มขึ้นทีละ 24 ชั่วโมง ตัวแปรอื่นกำหนดให้คงที่ คือ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส, ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 0.3% น้ำหนัก/ปริมาตร

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.1 และ 4.2

ตารางที่ 4.1 ลักษณะน้ำหลังแช่, เมล็ดข้าวโพดหลังแช่ และลักษณะการแยกต้นอ่อนจากเมล็ดข้าวโพดในกระบวนการแยกแป้งที่เวลาต่าง ๆ กัน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 0.3% น้ำหนัก/ปริมาตร

| เวลาในการแช่ (ชม.) | น้ำหลังจากแช่ | | | เมล็ดข้าวโพดหลังแช่ | ลักษณะการแยกต้นอ่อน จากเมล็ดข้าวโพด |
|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|---|--|
| | ลักษณะ | สีเหลือง ^ก | กลิ่นหอมของ ข้าวโพด ^ข | | |
| 24 | ขุ่น, ไม่มีฟอง, มีตะกอนขางกลาง | ++ | +++ | เมล็ดข้าวโพดไม่ค่อยอ่อนนุ่ม สีซีดลง | แยกต้นอ่อนจากเมล็ดข้าวโพดได้ดี ลักษณะของต้นอ่อนแข็งแรง ไม่แตกหัก ส่วนแบ่งปนกับส่วนต้นอ่อน เล็กน้อย |
| 48 | ขุ่น, ไม่มีฟอง, มีตะกอนขางกลาง | ++ | +++ | เมล็ดข้าวโพดพองและอ่อนนุ่ม ขึ้น, สีซีดลง | แยกต้นอ่อนจากเมล็ดข้าวโพดได้ดี ลักษณะของต้นอ่อนแข็งแรง ไม่แตกหัก ส่วนแบ่งปนกับส่วนต้นอ่อน เล็กน้อย |
| 72 | ขุ่น, ไม่มีฟอง, มีตะกอนขางกลาง | ++ | +++ | เมล็ดข้าวโพดพองและอ่อนนุ่ม ขึ้น, สีซีดลง | แยกต้นอ่อนจากเมล็ดข้าวโพดได้ดี ลักษณะของต้นอ่อนแข็งแรง ไม่แตกหัก ส่วนแบ่งปนกับส่วนต้นอ่อน เล็กน้อย |
| 96 | ขุ่น, ไม่มีฟอง, มีตะกอนขางกลาง | ++ | +++ | เมล็ดข้าวโพดพองและอ่อนนุ่ม ขึ้น, สีซีดลง | แยกต้นอ่อนจากเมล็ดข้าวโพดยากขึ้น ลักษณะของต้นอ่อนค่อนข้างแตกหัก |
| 120 | ขุ่น, ไม่มีฟอง, มีตะกอนขางกลาง | ++ | +++ | เมล็ดข้าวโพดพองและอ่อนนุ่ม ขึ้น, สีซีดลง | แยกต้นอ่อนจากเมล็ดข้าวโพดยากขึ้น ลักษณะของต้นอ่อนค่อนข้างแตกหัก |

ก + เหลืองอ่อน ข + กลิ่นไม่หอม
 ++ เหลือง ++ กลิ่นหอมอ่อน ๆ
 +++ เหลืองเข้ม +++ กลิ่นหอมข้าวโพด

ตารางที่ 4.2 ความชื้นของ เมล็ดข้าวโพดแช่, เปอร์เซนต์ผลผลิต และเปอร์เซนต์แบ่งในการแยกแบ่งที่เวลาต่าง ๆ กัน
ที่ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ปริมาณซิลเฟอร์ไดออกไซด์ 0.3% น้ำหนัก/ปริมาตร

| เวลาในการแช่ (ชม.) | ความชื้นของ เมล็ดข้าว โพดหลังแช่ (%) | % ผลผลิต (ต่อน้ำหนักแห้ง) | | | % น้ำมันในคั่นอ่อน ที่แยกได้ | % แบ่ง (ต่อน้ำหนักแบ่งแห้ง) |
|-----------------------|---|---------------------------|---------|----------|---------------------------------|--------------------------------|
| | | แบ่ง | กากแบ่ง | คั่นอ่อน | | |
| 24 | 34.5 | 46.8 | 26.6 | 10.9 | 33.7 | 80.2 |
| 48 | 42.3 | 57.8 | 15.9 | 9.63 | 37.0 | 86.5 |
| 72 | 42.5 | 58.3 | 14.0 | 9.74 | 34.1 | 88.2 |
| 96 | 42.8 | 58.9 | 13.5 | 9.30 | 36.0 | 88.7 |
| 120 | 42.9 | 59.8 | 13.9 | 8.88 | 35.9 | 88.8 |

4.1.2 ผลของอุณหภูมิในการแยกแ่งจากเมล็ดข้าวโพด

แปรค่าอุณหภูมิในการแช่เมล็ดข้าวโพดจาก 30-60 องศาเซลเซียส โดยเพิ่ม
ชั้นทีละ 10 องศาเซลเซียส ตัวแปรอื่นกำหนดให้คงที่ คือ เวลาในการแช่ 48 ชั่วโมง ปริมาณ
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 0.3% น้ำหนัก/ปริมาตร

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.3 และ 4.4

4.1.2 ผลของอุณหภูมิในการแยกแ่งจากเมล็ดข้าวโพด

แปรค่าอุณหภูมิในการแช่เมล็ดข้าวโพดจาก 30-60 องศาเซลเซียส โดยเพิ่ม
ขั้นทีละ 10 องศาเซลเซียส ตัวแปรอื่นกำหนดให้คงที่ คือ เวลาในการแช่ 48 ชั่วโมง ปริมาณ
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 0.3% น้ำหนัก/ปริมาตร

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.3 และ 4.4

ตารางที่ 4.4 ความชื้นของ เมล็ดข้าวโพดหลังแช่, เปอร์ เซนต์ผลผลิต และ เปอร์ เซนต์แป้งในการแยกแป้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน เวลาในการแช่ 48 ชั่วโมง และปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 0.3% น้ำหนัก/ปริมาณ

| อุณหภูมิในการแช่ (°ซ.) | ความชื้นของ เมล็ดข้าว โพดหลังแช่ (%) | % ผลผลิต (ต่อน้ำหนักแห้ง) | | | % น้ำมันในต้นอ่อน ที่แยกได้ | % แป้ง (ต่อน้ำหนักแป้งแห้ง) |
|---------------------------|---|---------------------------|---------|---------|--------------------------------|--------------------------------|
| | | แป้ง | กากแป้ง | ต้นอ่อน | | |
| 30 | 38.5 | 50.6 | 22.7 | 9.59 | 34.8 | 80.6 |
| 40 | 39.2 | 54.6 | 17.1 | 9.58 | 33.9 | 82.4 |
| 50 | 42.4 | 58.8 | 13.2 | 9.78 | 35.2 | 86.1 |
| 60 | 42.8 | 58.7 | 13.7 | 10.3 | 35.5 | 88.2 |

4.1.3 ผลของปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในการแยกแ่งจากเมล็ดข้าวโพด

แปรค่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในการแช่เมล็ดข้าวโพดจาก 0.0-0.4%
น้ำหนัก/ปริมาตร โดยเพิ่มขึ้นทีละ 0.1% ตัวแปรอื่นกำหนดให้คงที่คือ เวลาในการแช่ 48
ชั่วโมง อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.5 และ 4.6

ตารางที่ 4.5 ลักษณะน้ำหลังแช่, เมล็ดข้าวโพดหลังแช่ และลักษณะการแยกต้นอ่อนจากเมล็ดข้าวโพดในขบวนการแยกแป้งที่ปริมาณ
 ซีลเฟอร์ไดออกไซด์ต่าง ๆ กัน, เวลาในการแช่ 48 ชั่วโมง และ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

| ปริมาณซีลเฟอร์ ไดออกไซด์ใน การแช่ (%นน./ปริมาตร) | น้ำหลังจากแช่ | | | เมล็ดข้าวโพดหลังแช่ | ลักษณะการแยกต้นอ่อน จากเมล็ดข้าวโพด |
|---|-----------------------------------|------------|-------------------------------------|---------------------------------------|---|
| | ลักษณะ | สีเหลือง ก | กลิ่นหอมของ ข้าวโพด ^ข | | |
| 0.0 | ขุ่น, มีฟองมาก, มีตะกอนขางกลาง | +++ | เหม็นเน่า | เมล็ดข้าวโพดเน่าเสีย | - |
| 0.1 | ขุ่น, มีฟอง, มีตะกอนขางกลาง | +++ | ++ | เมล็ดข้าวโพดอ่อนนุ่ม สีซีดลง | แยกต้นอ่อนจากเมล็ดข้าวโพดได้ดี ลักษณะของต้นอ่อนแข็งแรง ไม่แตกหัก |
| 0.2 | ขุ่น, ไม่มีฟอง, มีตะกอนขางกลาง | ++ | +++ | เมล็ดข้าวโพดพองและอ่อนนุ่ม สีซีดลง | แยกต้นอ่อนจากเมล็ดข้าวโพดได้ดี ลักษณะต้นอ่อนแข็งแรง ไม่แตกหัก |
| 0.3 | ขุ่น, ไม่มีฟอง, มีตะกอนขางกลาง | ++ | +++ | เมล็ดข้าวโพดพองและอ่อนนุ่ม สีซีดลง | แยกต้นอ่อนจากเมล็ดข้าวโพดได้ดี ลักษณะของต้นอ่อนแข็งแรง ไม่แตกหัก |
| 0.4 | ขุ่น, ไม่มีฟอง, มีตะกอนขางกลาง | ++ | +++ | เมล็ดข้าวโพดพองและอ่อนนุ่ม สีซีดลง | แยกต้นอ่อนจากเมล็ดข้าวโพดได้ดี ลักษณะของต้นอ่อนแข็งแรง ไม่แตกหัก |

ก + เหลืองอ่อน ข + กลิ่นไม่หอม
 ++ เหลือง ++ กลิ่นหอมอ่อน ๆ
 +++ เหลืองเข้ม +++ กลิ่นหอมข้าวโพด

ตารางที่ 4.6 ความชื้นของ เมล็ดข้าวโพดหลังแช่, เปอร์ เซนต์ผลผลิต และเปอร์ เซนต์แป้งในการแยกแป้งที่ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่าง ๆ กัน, เวลาในการแช่ 48 ชั่วโมง และอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

| ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในการแช่ (% นน./ปริมาตร) | ความชื้นของ เมล็ดข้าวโพดหลังแช่ (%) | % ผลผลิต (ต่อน้ำหนักแห้ง) | | | % น้ำมันในต้นอ่อนที่แยกได้ | % แป้ง (ต่อน้ำหนักแป้งแห้ง) |
|---|-------------------------------------|---------------------------|---------|---------|----------------------------|-----------------------------|
| | | แป้ง | กากแป้ง | ต้นอ่อน | | |
| 0.1 | 41.5 | 57.6 | 15.9 | 9.04 | 33.3 | 81.2 |
| 0.2 | 42.4 | 58.7 | 15.4 | 9.21 | 33.6 | 86.8 |
| 0.3 | 42.5 | 59.9 | 15.0 | 9.44 | 34.3 | 87.0 |
| 0.4 | 42.6 | 59.6 | 15.6 | 8.62 | 32.5 | 87.8 |

4.2 การแยกแป้งจากเมล็ดข้าวโพดโดยขบวนการ Wet milling ด้วยสภาวะที่เหมาะสม

โดยการแช่เมล็ดข้าวโพดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส, เวลา 48 ชั่วโมง และ ปริมาณซิลเฟอร์ไดออกไซด์ 0.2% น้ำหนัก/ปริมาตร

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ปริมาณความชื้น และเปอร์เซ็นต์ผลผลิตของแป้ง, ทนอ่อน และกากที่เหลือ

| รายการ | ความชื้น (%) | % ผลผลิต (ต่อน้ำหนักแห้ง) |
|---------------------------------|--------------|------------------------------|
| แป้งสีขาว (Prime starch) | 11.16 | 49.8 |
| แป้งสีเหลือง (Tailing layer) | 11.3 | 11.2 |
| ทนอ่อน (Germ) | 10.9 | 10.5 |
| กากที่เหลือ (Residues) | 8.17 | 18.4 |

4.3 การวิเคราะห์ปริมาณและคุณภาพของแป้งข้าวโพด

ผลการวิเคราะห์ปริมาณและคุณภาพของแป้งข้าวโพดที่แยกได้ และมีจำหน่ายทั่วไป^ก

ตารางที่ 4.8 ปริมาณและคุณภาพของแป้งข้าวโพดชนิดต่าง ๆ

| รายการ (% ต่อน้ำหนักแห้ง) | แป้งสีขาว | แป้งสีเหลือง | แป้งที่มีจำหน่าย ทั่วไป |
|------------------------------|-----------|--------------|----------------------------|
| แป้ง | 97.7 | 82.1 | 98.0 |
| โปรตีน | 0.38 | 11.9 | 0.37 |
| ไขมัน | 0.64 | 1.48 | 0.70 |
| เดา | 0.13 | 1.07 | 0.15 |
| เส้นใย | 0.12 | 0.65 | 0.08 |
| ความเป็นกรด-ด่าง | 5.2 | 4.5 | 5.4 |
| ความชื้น | 11.6 | 11.2 | 12.1 |

^ก แป้งข้าวโพดตรา **Maizena** จากประเทศสหรัฐอเมริกา ราคาจำหน่ายกิโลกรัมละ 35 บาท

4.4 การศึกษาผลของตัวแปรต่าง ๆ ในการแยกสารละลายแป้งข้าวโพคให้เป็นน้ำตาลเหลว โดยวิธีการไฮดรอลิซ

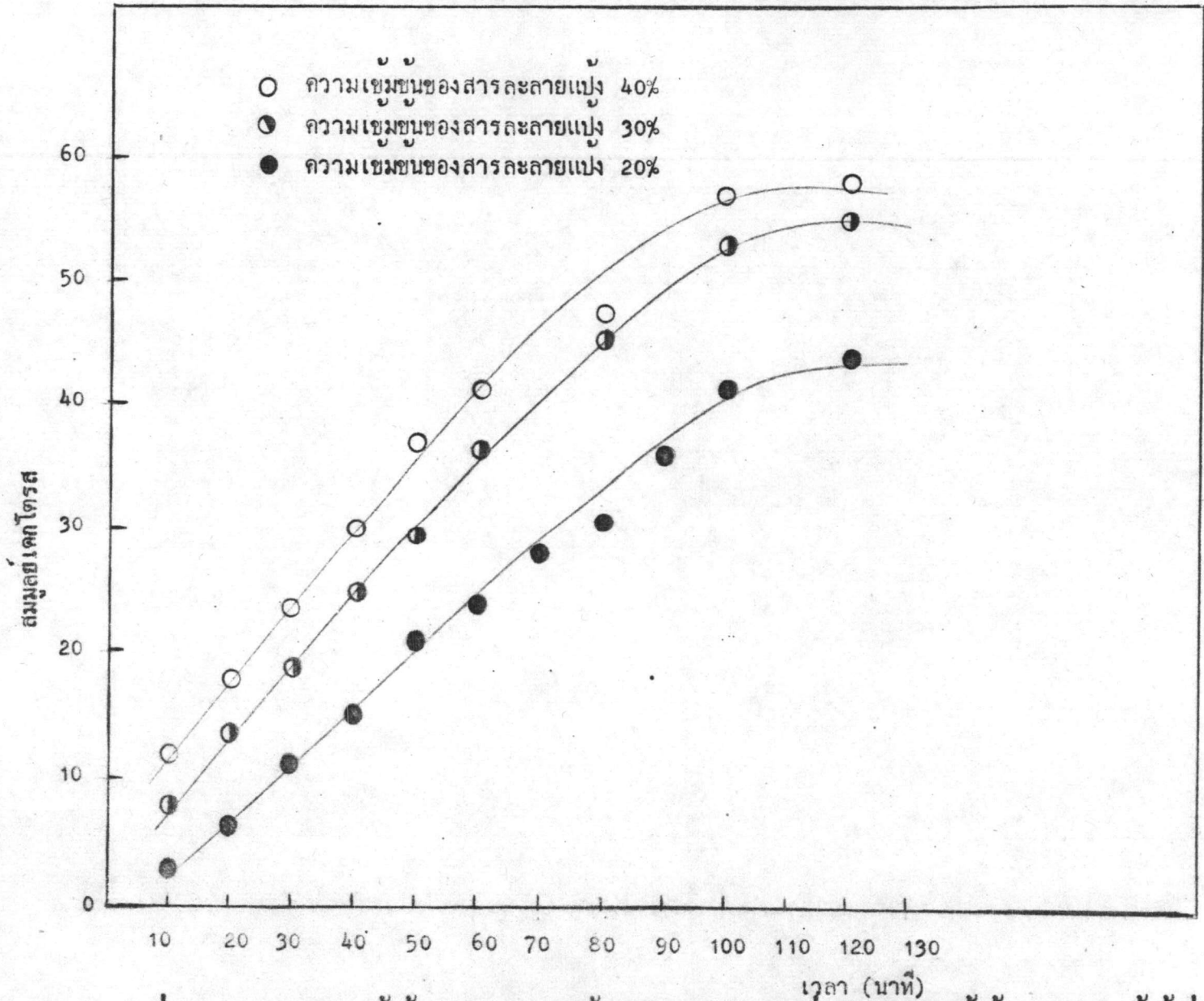
4.1.1 ผลของความเข้มข้นของสารละลายแป้งข้าวโพคเทียบกับเวลา

แปรค่าความเข้มข้นของสารละลายแป้งข้าวโพคต่าง ๆ กันคือ 20, 30 และ 40% น้ำหนักแป้งแห้ง/ปริมาตร ตามลำดับ โดยใช้แป้งครั้งละ 50 กรัม โดยที่แต่ละความเข้มข้นของแป้ง แปรค่าเวลาตั้งแต่ 10-120 นาที โดยเพิ่มขึ้นทีละ 10 นาที ตัวแปรอื่นกำหนดให้คงที่ คือ อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ปริมาณกรดเกลือเข้มข้น 2.5% ปริมาตร/น้ำหนักแป้งแห้ง

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.9 สมมูลย์เค็กโทรสที่ความเข้มข้นของสารละลายแป้งและเวลาต่าง ๆ กัน ที่ 100 องศาเซลเซียส ปริมาณกรดเกลือเข้มข้น 2.5% ปริมาตร/น้ำหนักแป้งแห้ง

| เวลา ในการย่อย (นาที) | สมมูลย์เค็กโทรส | | |
|-----------------------------|-----------------|-------|-------|
| | 20% | 30% | 40% |
| 10 | 3.35 | 8.01 | 12.13 |
| 20 | 6.49 | 13.98 | 18.03 |
| 30 | 11.69 | 19.03 | 23.78 |
| 40 | 15.49 | 25.07 | 30.12 |
| 50 | 21.24 | 29.70 | 37.13 |
| 60 | 24.03 | 36.70 | 41.59 |
| 80 | 30.05 | 45.70 | 47.29 |
| 100 | 42.01 | 53.80 | 57.58 |
| 120 | 44.51 | 55.29 | 58.33 |



รูปที่ 4.1 ผลของความเข้มข้นของสารละลายแม่ เทียบกับเวลาในการมอยสารละลายแม่ ด้วยกรดเกลือ เข้มข้นที่ 100 องศาเซลเซียส ปริมาณกรดเกลือ เข้มข้น 2.5% ปริมาตร / น้ำหนักผงแห้ง



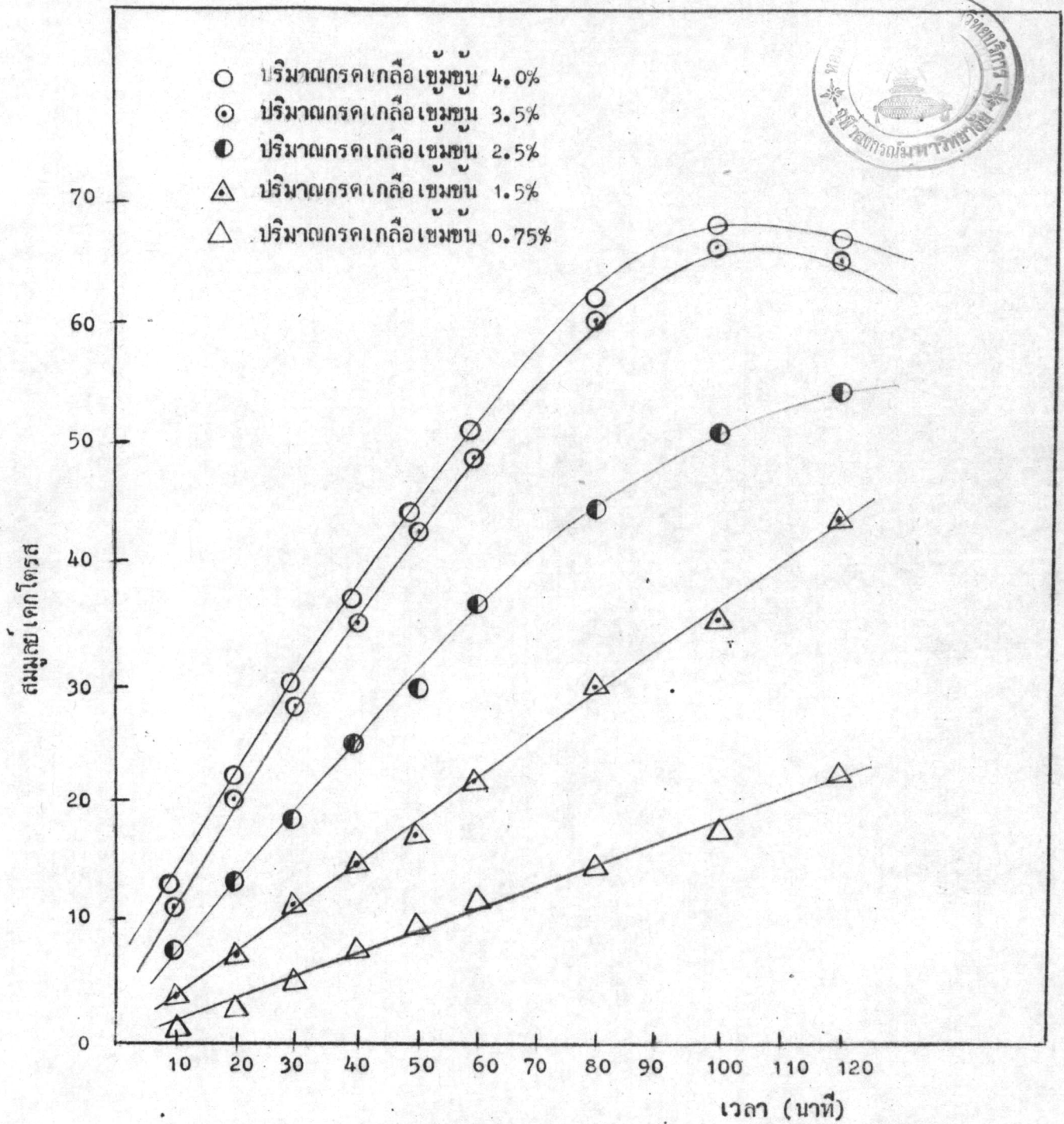
4.4.2 ผลของปริมาณกรดและเวลาที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

แปรค่าปริมาณกรดเกลือเข้มข้นต่าง ๆ กันคือ 0.75, 1.5, 2.5, 3.5 และ 4.0 ปริมาตร / น้ำหนักแบ่งแห้ง ตามลำดับ โดยที่แต่ละปริมาณกรดนั้น แปรค่าเวลาตั้งแต่ 10-120 นาที โดยเพิ่มขึ้นทีละ 10 นาที ตัวแปรที่กำหนดคือ ใหญ่ที่สุดคือ ความเข้มข้นของสารละลายแบ่ง 30% น้ำหนักแบ่งแห้ง / ปริมาตร โดยใช้แบ่งครั้งละ 90 กรัม และอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.10 สมมุทธ์ เคก ไตรสที่ปริมาณกรดและเวลาต่าง ๆ กัน ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของสารละลายแบ่ง 30% น้ำหนักแบ่งแห้ง / ปริมาตร

| | | สมมุทธ์ เคก ไตรส | | | | |
|-----------------------------|-----------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | 0.75% | 1.5% | 2.5% | 3.5% | 4.0% |
| เวลา ในการย่อย (นาที) | % กรดเกลือ เข้มข้น | 0.75% | 1.5% | 2.5% | 3.5% | 4.0% |
| | 10 | | 0.95 | 3.95 | 7.96 | 11.36 |
| 20 | | 2.53 | 7.15 | 13.43 | 20.62 | 21.83 |
| 30 | | 5.26 | 11.61 | 18.47 | 27.48 | 29.51 |
| 40 | | 7.79 | 14.16 | 24.52 | 35.05 | 36.02 |
| 50 | | 9.96 | 17.11 | 29.57 | 42.99 | 43.85 |
| 60 | | 11.93 | 21.71 | 36.33 | 49.29 | 50.61 |
| 80 | | 14.65 | 29.53 | 44.60 | 60.77 | 61.63 |
| 100 | | 17.32 | 35.25 | 52.07 | 67.26 | 67.98 |
| 120 | | 22.11 | 43.83 | 54.68 | 65.92 | 65.87 |



รูปที่ 4.2 ผลของปริมาณกรดเกลือเข้มข้นเทียบกับเวลาในการย่อยสลายละลายแป้งที่ 100 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของสารละลายแป้ง 30% น้ำหนักแป้งแห้ง/ปริมาตร

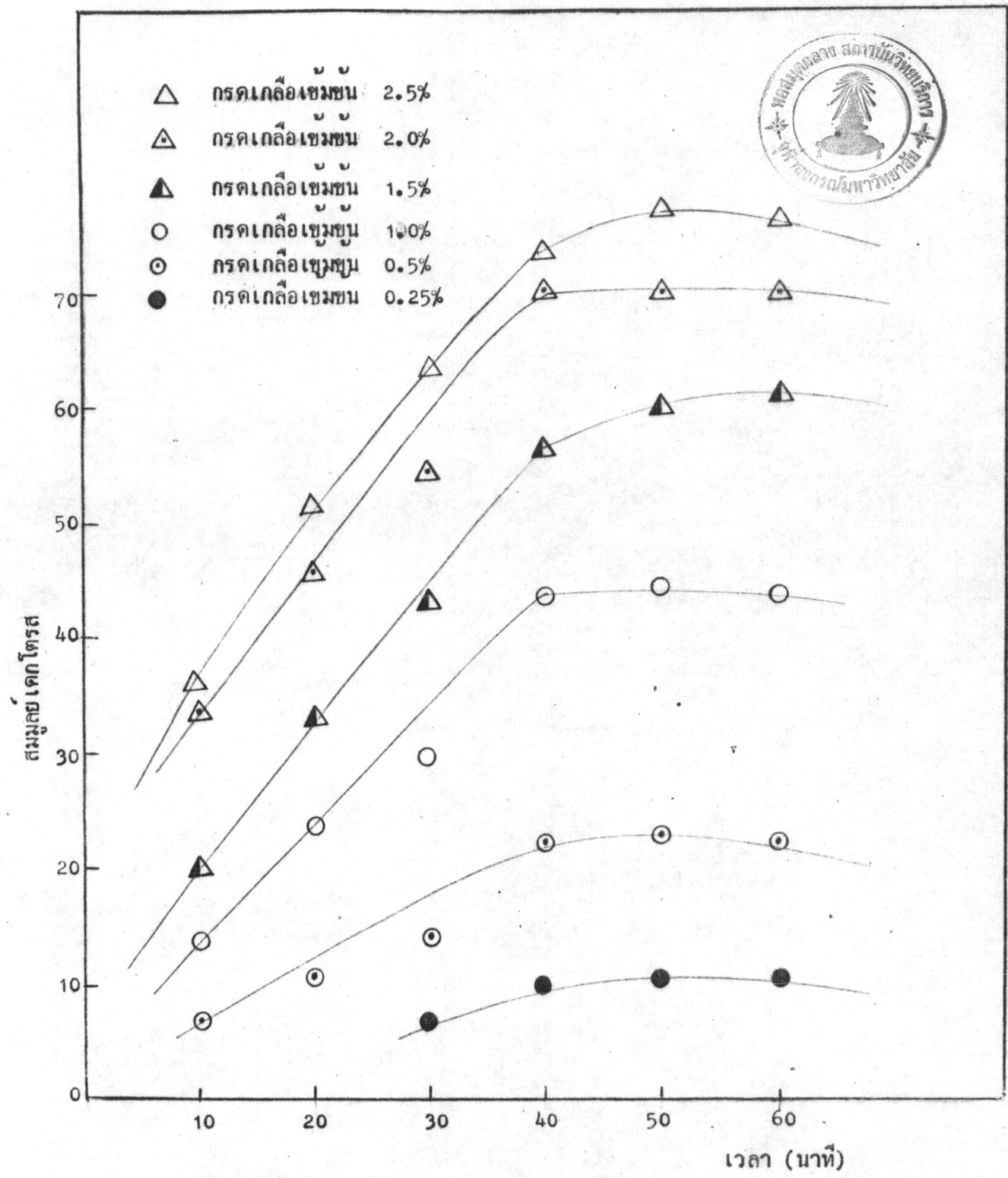
4.4.3 ผลของปริมาณกรดและเวลาที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส, ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว

แปรค่าปริมาณกรดเกลือเข้มข้นจาก 0.20-2.5% ปริมาตร/น้ำหนักแบ่งแห้ง โดยที่แต่ละปริมาณกรดแปรค่าเวลาตั้งแต่ 10-60 นาที โดยเพิ่มขึ้นทีละ 10 นาที ตัวแปรอื่นกำหนดไว้คงที่คือ ความเข้มข้นของสารละลายแบ่ง 30% น้ำหนักแบ่งแห้ง/ปริมาตร, โดยใช้แบ่งครั้งละ 60 กรัม อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.11 และรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.11 สมมูลย์เคกโตรสที่ปริมาณกรดและเวลาต่าง ๆ กันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส, ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว ความเข้มข้นของสารละลายแบ่ง 30% น้ำหนักแบ่งแห้ง/ปริมาตร

| % กรดเกลือ เวลา ในการย่อย (นาที) | | สมมูลย์เคกโตรส | | | | | | |
|---|--|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 0.20% | 0.25% | 0.5% | 1.0% | 1.5% | 2.0% | 2.5% |
| 10 | | - | - | 6.82 | 13.91 | 20.16 | 24.58 | 35.43 |
| 20 | | - | - | 10.61 | 23.62 | 33.25 | 45.71 | 51.51 |
| 30 | | - | 6.71 | 14.14 | 29.68 | 43.13 | 54.54 | 63.99 |
| 40 | | - | 9.94 | 22.25 | 43.81 | 56.87 | 70.55 | 74.01 |
| 50 | | - | 10.37 | 23.06 | 44.76 | 60.45 | 70.01 | 77.93 |
| 60 | | - | 10.64 | 22.06 | 43.71 | 61.13 | 70.14 | 76.94 |



รูปที่ 4.3 ผลของปริมาณกรดเกลือแอมมอนเทียบกับเวลาในการย่อยสารละลายแอมมอนิอัม 121 องศาเซลเซียส, ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว และความเข้มข้นของสารละลายแอมมอนิอัม 30% น้ำหนักแห้ง/ปริมาณ

4.5 การศึกษาผลของตัวแปรต่าง ๆ ในการย่อยสารละลายแป้งข้าวโพดให้เป็นน้ำตาลเหลว โดยวิธีการใช้กรดกับเอ็นไซม์

4.5.1 ผลของปริมาณกรดที่ใช้ในช่วงการย่อยแป้งด้วยกรด และตามด้วยการย่อยด้วยเอ็นไซม์

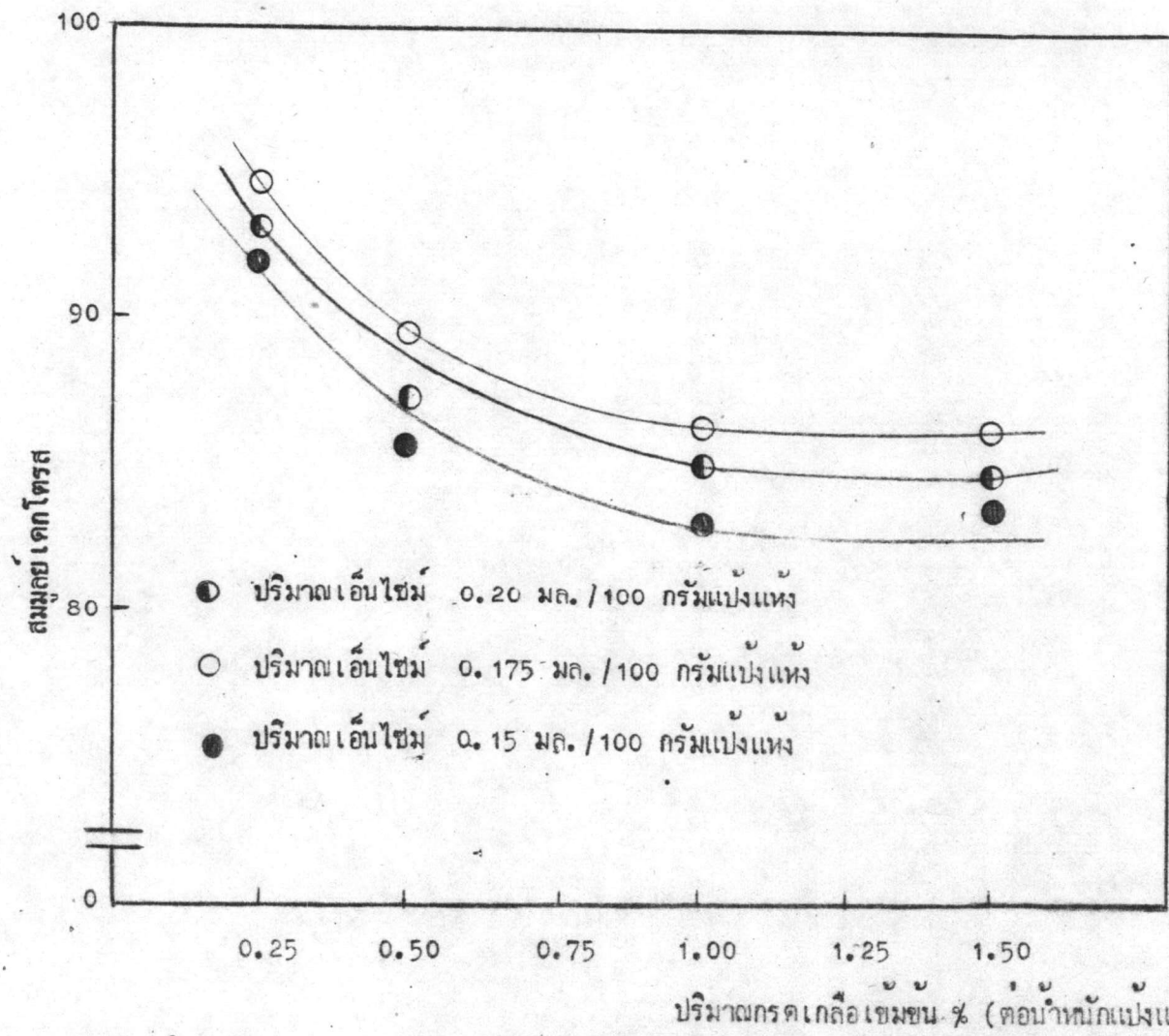
การย่อยแป้งด้วยกรด แป้งค่าปริมาณกรดเกลือเข้มข้นจาก 0.25-1.5% ปริมาตร/น้ำหนักแป้งแห้ง ตัวแปรอื่นกำหนดให้คงที่คือ ความเข้มข้นของสารละลายแป้ง 30% น้ำหนักแป้งแห้ง/ปริมาตร โดยใช้แป้งครั้งละ 90 กรัม อุณหภูมิและความดัน 121 องศาเซลเซียส และ 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว และเวลา 35 นาที

การย่อยแป้งด้วยเอ็นไซม์ แป้งค่าปริมาณเอ็นไซม์กลูโคมิเลสจาก 0.15, 0.175 และ 0.20 มิลลิลิตร/100 กรัมแป้งแห้ง ตามลำดับ ตัวแปรอื่นกำหนดให้คงที่คือ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่าง 4.5 เวลา 48 ชั่วโมง

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.12 และรูปที่ 4.4

ตารางที่ 4.12 สมมูลย์เดกโตรสที่ปริมาณกรดและปริมาณเอ็นไซม์ต่าง ๆ กัน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และความเป็นกรด-ด่าง 4.5

| % กรด เกลือ เข้มข้น | ปริมาณ เอ็นไซม์ มล. / 100 กรัม แป้งแห้ง | สมมูลย์เดกโตรส | | |
|---------------------------|---|----------------|-------|-------|
| | | 0.15 | 0.175 | 0.20 |
| 0.25 | | 91.96 | 94.56 | 93.21 |
| 0.5 | | 85.41 | 89.21 | 87.04 |
| 1.0 | | 82.82 | 86.11 | 85.01 |
| 1.5 | | 83.21 | 86.29 | 84.56 |



รูปที่ 4.4 ผลของปริมาณกรดเกลือเซมซนที่ใช้ในช่วงการย่อยแป้งควยกรดและติดตามควยการย่อยควยเอินไซม์ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และความเป็นกรด-ด่าง 4.5

4.5.2 ผลของปริมาณเอ็นไซม์และเวลา

การย่อยแป้งด้วยกรด

ตัวแปรต่าง ๆ กำหนดให้คงที่คือ ความเข้มข้นของสารละลายแป้ง 30% น้ำหนักแป้งแห้ง/ปริมาตร โดยใช้แป้งครั้งละ 120 กรัม อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส, ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว, เวลา 35 นาที และ ปริมาณกรดเกลือเข้มข้น 0.25% ปริมาตร/น้ำหนักแป้งแห้ง

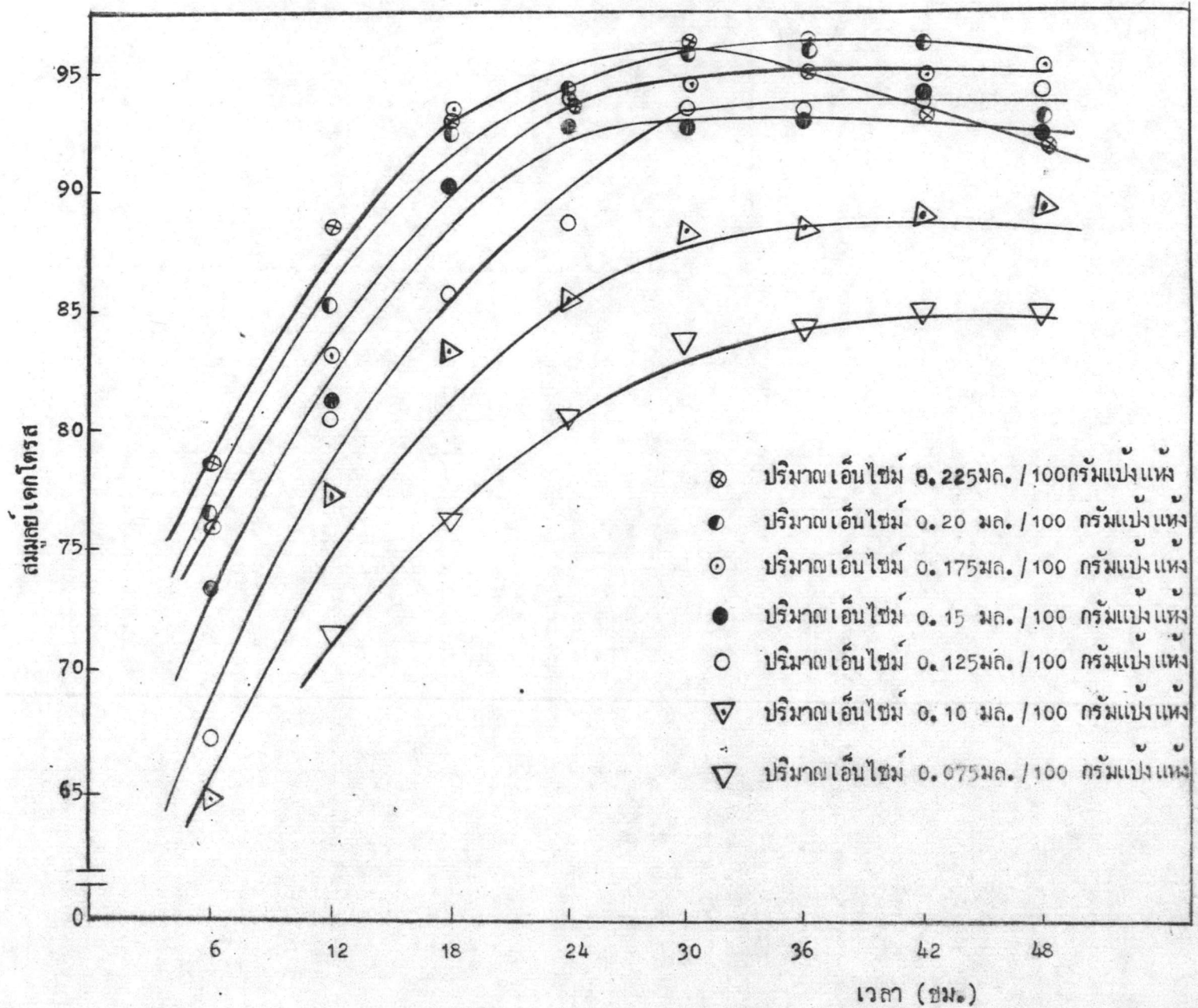
การย่อยแป้งด้วยเอ็นไซม์

แปรค่าปริมาณเอ็นไซม์กวมิลเลสจาก 0.075-0.225 มิลลิลิตร/100 กรัมแป้งแห้ง โดยเพิ่มขึ้นทีละ 0.025 มิลลิลิตร/100 กรัมแป้งแห้ง โดยที่แต่ละปริมาณเอ็นไซม์แปรค่าเวลาตั้งแต่ 6-48 ชั่วโมง โดยเพิ่มขึ้นทีละ 6 ชั่วโมง ตัวแปรอื่นกำหนดให้คงที่คือ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และความเป็นกรด-ด่าง 4.5

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.15 และรูปที่ 4.5

ตารางที่ 4.13 สมมุทธ์เดกโตรสที่ปริมาณเอ็นไซม์และเวลาต่าง ๆ กัน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่าง 4.5

| เวลาในการย่อย (ชั่วโมง) | ปริมาณเอ็นไซม์ มล./100 กรัมแป้งแห้ง | สมมุทธ์เดกโตรส | | | | | | |
|-------------------------|-------------------------------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 0.075 | 0.10 | 0.125 | 0.15 | 0.175 | 0.20 | 0.225 |
| 6 | 53.75 | 64.84 | 67.29 | 73.09 | 75.99 | 76.09 | 78.43 | |
| 12 | 71.33 | 77.33 | 80.66 | 81.32 | 83.18 | 85.24 | 88.41 | |
| 18 | 76.11 | 83.42 | 85.89 | 90.37 | 93.47 | 92.52 | 92.89 | |
| 24 | 80.70 | 85.54 | 88.71 | 92.83 | 93.88 | 94.07 | 93.72 | |
| 30 | 83.90 | 88.46 | 93.83 | 92.64 | 94.77 | 96.08 | 96.55 | |
| 36 | 84.28 | 88.43 | 93.34 | 93.41 | 96.33 | 96.12 | 95.11 | |
| 42 | 85.14 | 88.67 | 93.84 | 94.48 | 95.04 | 96.32 | 93.21 | |
| 48 | 85.10 | 89.88 | 94.54 | 92.22 | 95.68 | 93.17 | 92.02 | |



รูปที่ 4.5 ผลของปริมาณเอินไซม์กลูโคมิเลสเทียบกับเวลาในการย่อยสารละลายแบ่งที่ 60 องศาเซลเซียส
ความเป็นกรด-ด่าง 4.5

4.5.3 ผลของความเป็นกรด-ด่างที่มีต่อการทำงานของ เอ็นไซม์

การย่อยแป้งด้วยกรด

ตัวแปรต่าง ๆ กำหนดให้คงที่ด้วยวิธีเดียวกับข้อที่ 4.5.2

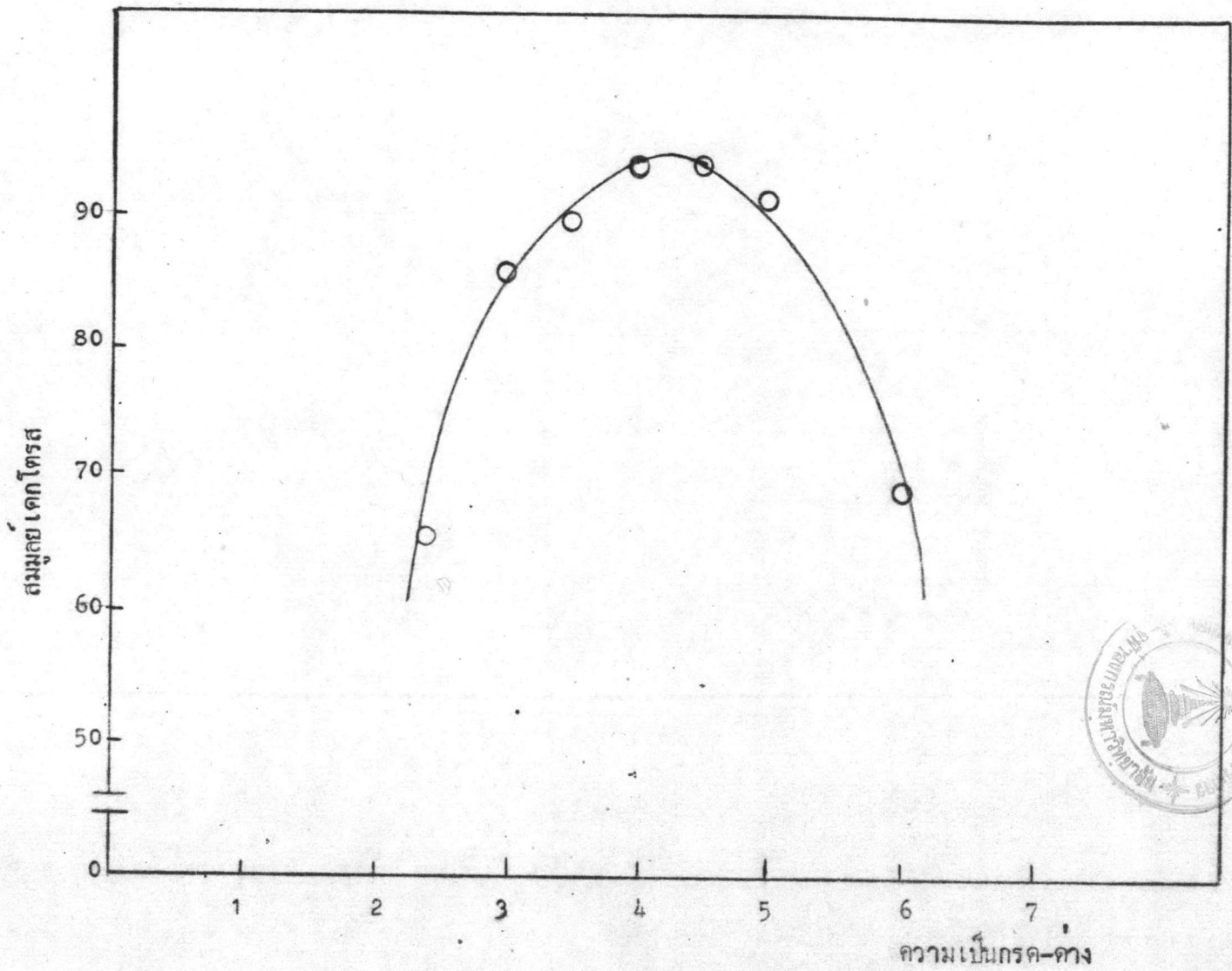
การย่อยแป้งด้วยเอ็นไซม์

แปรค่าความเป็นกรด-ด่าง จาก 2.4, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0 และ 6.0 ตามลำดับ ตัวแปรอื่นกำหนดให้คงที่คือ ปริมาณ เอ็นไซม์กลูโคมิเลส 0.125 มิลลิลิตร/100 กรัมแป้งแห้ง เวลา 30 ชั่วโมง และ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.14 และรูปที่ 4.6

ตารางที่ 4.14 สมมุทธ์เดกโตรสที่ความเป็นกรด-ด่างต่าง ๆ กัน โดยใช้ปริมาณเอ็นไซม์ 0.125 มิลลิลิตร/100 กรัมแป้งแห้ง เวลา 30 ชั่วโมง และอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

| ความเป็นกรด-ด่าง | สมมุทธ์เดกโตรส |
|------------------|----------------|
| 2.4 | 65.96 |
| 3.0 | 85.93 |
| 3.5 | 89.90 |
| 4.0 | 93.28 |
| 4.5 | 93.87 |
| 5.0 | 91.42 |
| 6.0 | 69.20 |



รูปที่ 4.6 ผลของความเป็นกรด-ด่างที่มีต่อการทำงานของเอ็นไซม์ในการย่อยสารละลายแป้ง โดยให้ปริมาณเอ็นไซม์กลูโคมิเลส 0.125 มล./100 กรัมแป้งแห้ง เวลา 30 ชั่วโมง และอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส



4.5.4 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการทำงานของ เอ็นไซม์

การย่อยแป้งด้วยกรด

ตัวแปรกำหนดค่าให้คงที่ด้วยวิธีเดียวกับข้อที่ 4.5.2

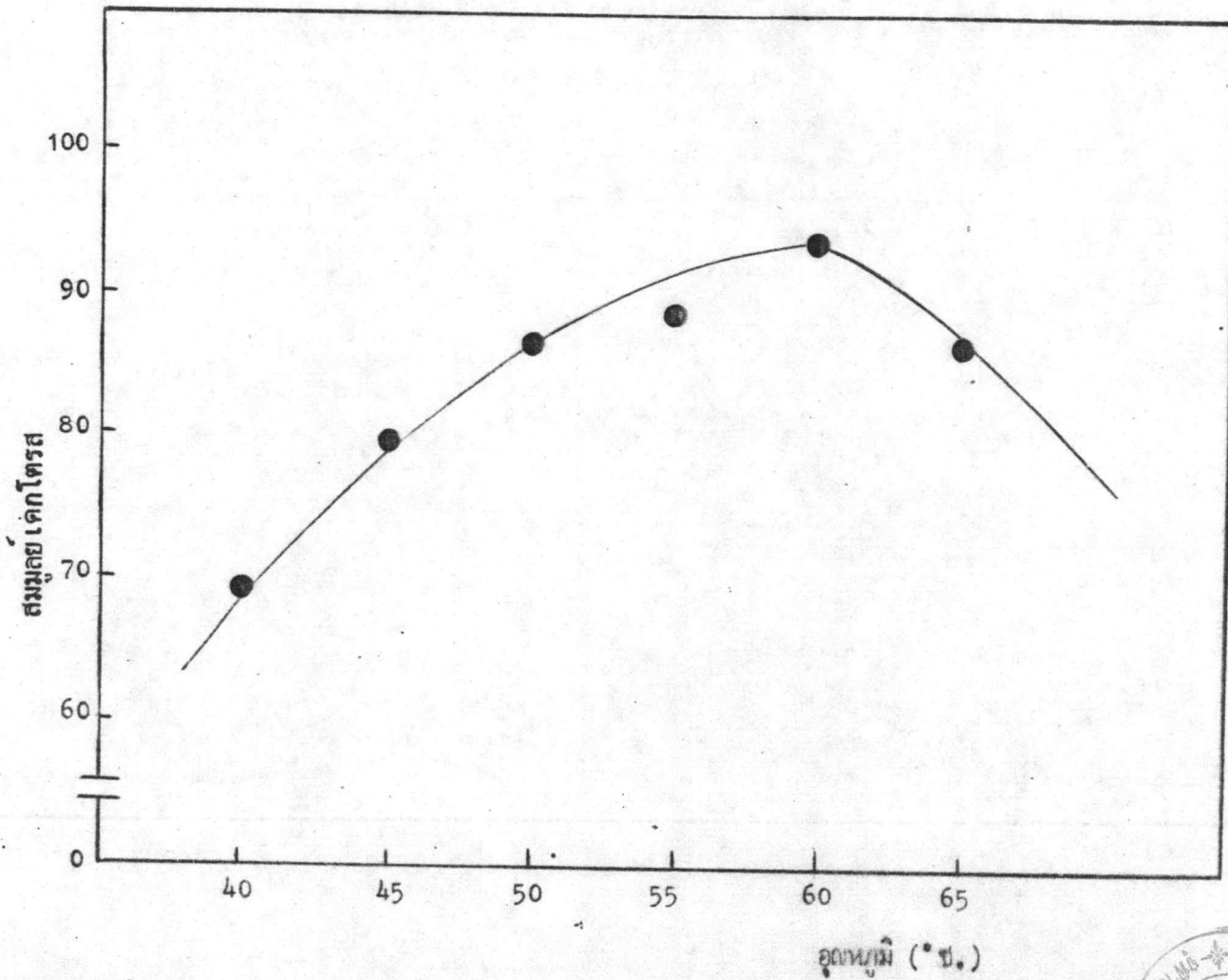
การย่อยแป้งด้วยเอ็นไซม์

แปรค่าอุณหภูมิจาก 40-65 องศาเซลเซียส โดยเพิ่มขั้นทีละ 5 องศาเซลเซียส ตัวแปรอื่นกำหนดค่าให้คงที่คือปริมาณเอ็นไซม์ กลูโคมิเลส 0.125 มิลลิลิตร/100 กรัมแป้งแห้ง เวลา 30 ชั่วโมง และความเป็นกรด-ด่าง 4.0

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.15 และรูปที่ 4.7

ตารางที่ 4.15 สมมุทธ์ เคก ไตรสที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน โดยใช้ปริมาณเอ็นไซม์ 0.125 มิลลิลิตร/100 กรัมแป้งแห้ง เวลา 30 ชั่วโมง แลความเป็นกรด-ด่าง 4.0

| อุณหภูมิ (°ซ) | สมมุทธ์ เคก ไตรส |
|---------------|------------------|
| 40 | 69.05 |
| 45 | 79.67 |
| 50 | 86.05 |
| 55 | 88.34 |
| 60 | 93.31 |
| 65 | 86.07 |



รูปที่ 4.7 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการทำงานของเอ็นไซม์ในการย่อยสลายแป้ง โดยใช้ปริมาณเอ็นไซม์ 0.125 มก./100 กรัมแป้งแห้ง เวลา 30 ชั่วโมง และความเป็นกรดต่าง 4.0



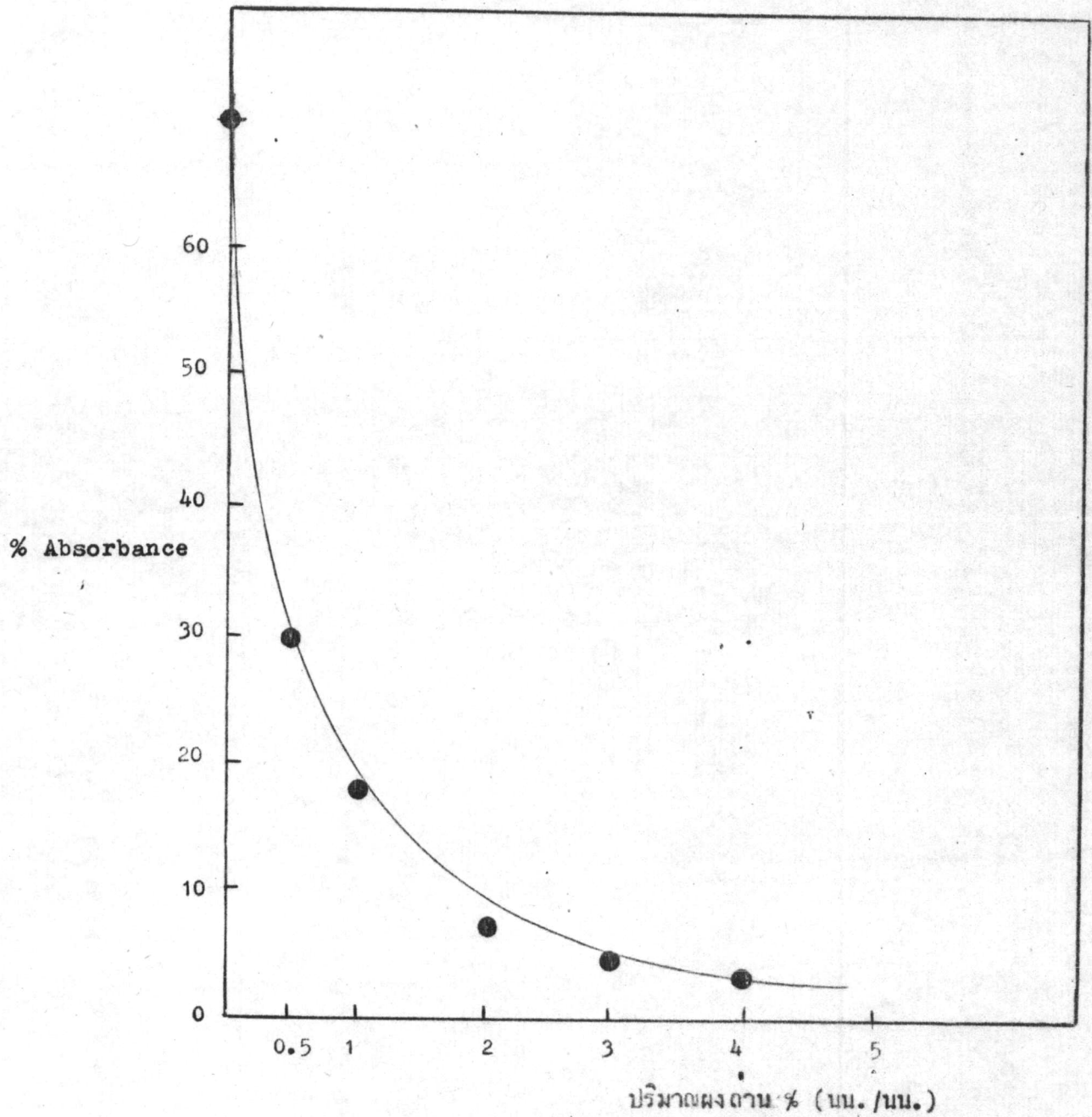
4.6 การทำให้น้ำตาลเหลวจากข้าวโพดบริสุทธิ์ด้วยผงถ่าน

4.6.1 ปริมาณผงถ่าน ปริมาณผงถ่านต่าง ๆ กันคือ 0.0, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0 และ 4.0% น้ำหนัก/น้ำหนัก ตามลำดับ ที่อุณหภูมิห้อง และเวลา 20 นาที

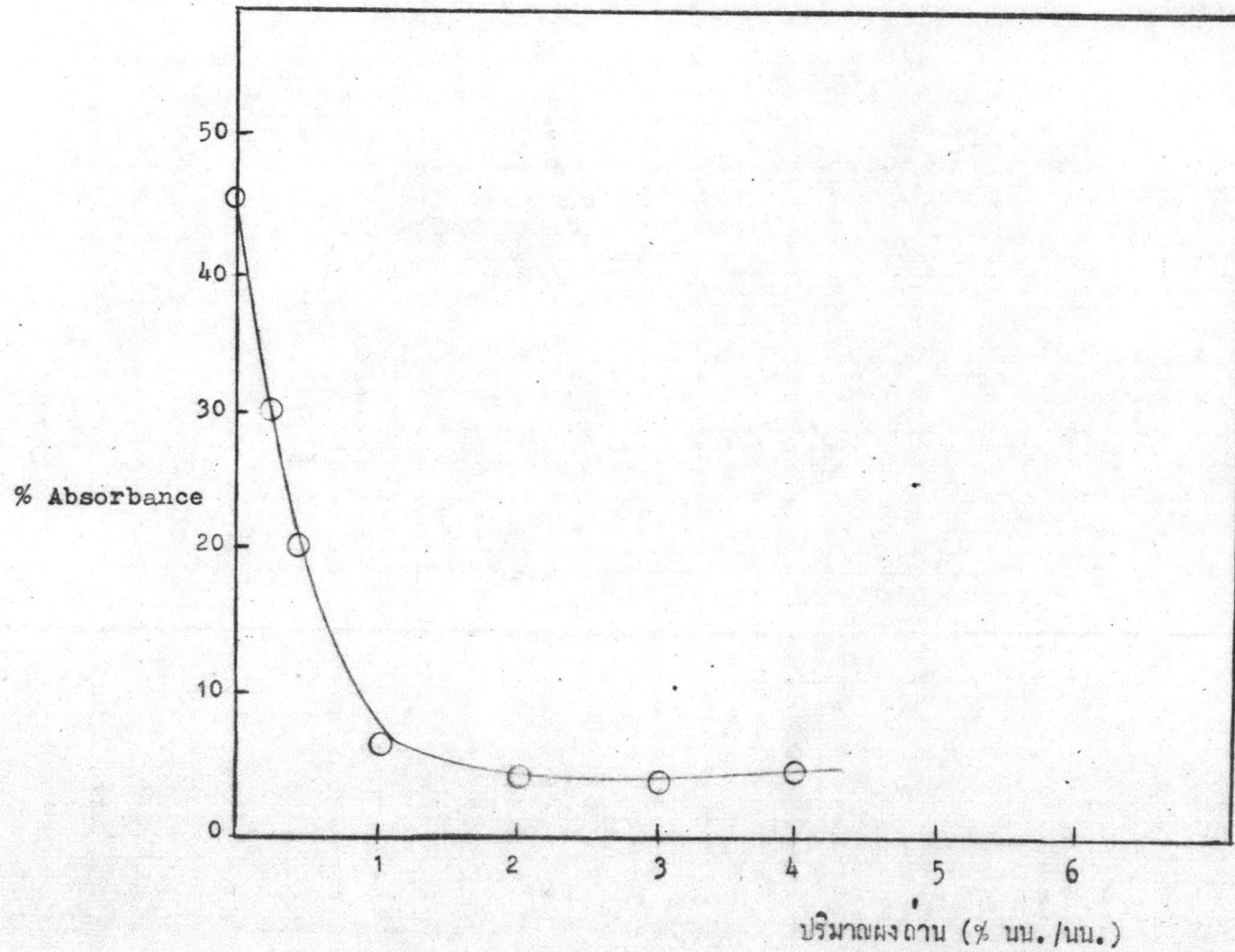
ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.16 และรูปที่ 4.8, 4.9

ตารางที่ 4.16 ค่า % Absorbance ที่ปริมาณผงถ่านต่าง ๆ กัน ในการทำให้น้ำตาลเหลวจากข้าวโพดบริสุทธิ์ โดยใช้เวลา 20 นาที วัดค่า % Absorbance ที่ 330 นาโนเมตร

| ปริมาณผงถ่าน (% นน./นน.) | % Absorbance | |
|-----------------------------|--------------------|----------------------------------|
| | โดยวิธีย่อยด้วยกรด | โดยวิธีย่อยด้วยกรด กับเอนไซม์ |
| 0.0 | 67.0 | 47.2 |
| 0.5 | 29.4 | 19.5 |
| 1.0 | 17.2 | 5.9 |
| 2.0 | 6.7 | 4.1 |
| 3.0 | 4.5 | 3.5 |
| 4.0 | 3.4 | 3.1 |



รูปที่ 4.8 ปริมาณผงดำที่ทำให้หน้าตาลเหลวจากข้าวโพด (จากวิธีการใช้กรด) บริสุทธิ์ โดยใช้เวลา 20 นาที วัดค่า % Absorbance ที่ 330 นาโนมิเตอร์



รูปที่ 4.9 ผลของปริมาณผงถ่านที่ทำให้น้ำตาลเหลวจากข้าวโพด (จากวิธีการใช้กรดกับเอ็นไซม์) บริสุทธิ์ โดยใช้เวลา 20 นาที วัดค่า % Absorbance ที่ 330 นาโนมิเตอร์

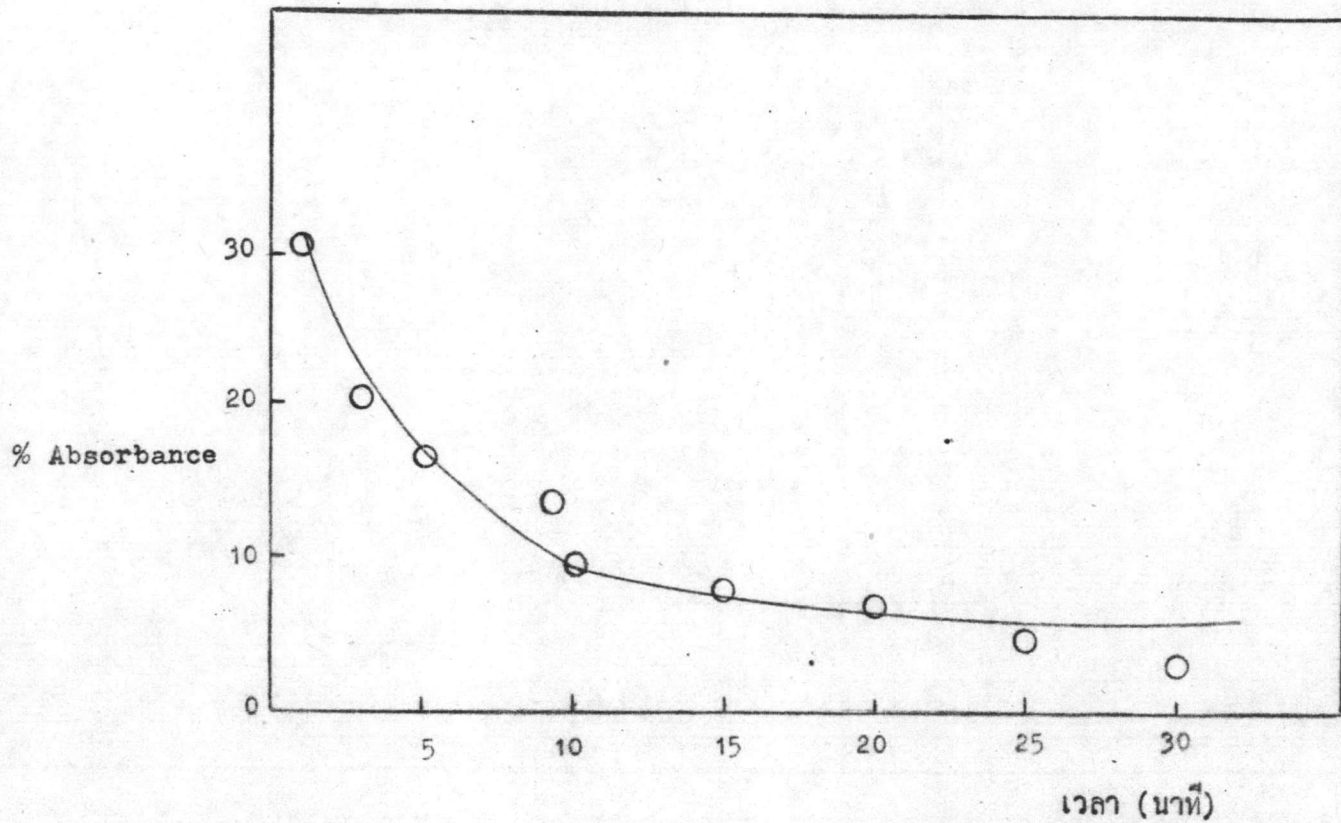
4.6.2 เวลาในการทำให้บริสุทธิ์

ใช้เวลาในการทำให้บริสุทธิ์ต่าง ๆ กันคือ 1, 3, 5, 8, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที ตามลำดับ ปริมาณผงถ่าน 2.0% (น้ำหนัก/น้ำหนัก) สำหรับวิธีการย่อยด้วยกรด และ 1.0% (น้ำหนัก/น้ำหนัก) สำหรับวิธีการย่อยด้วยกรดกับเอ็นไซม์

ผลการทดลอง แสดงในตารางที่ 4.17 และรูปที่ 4.10, 4.11

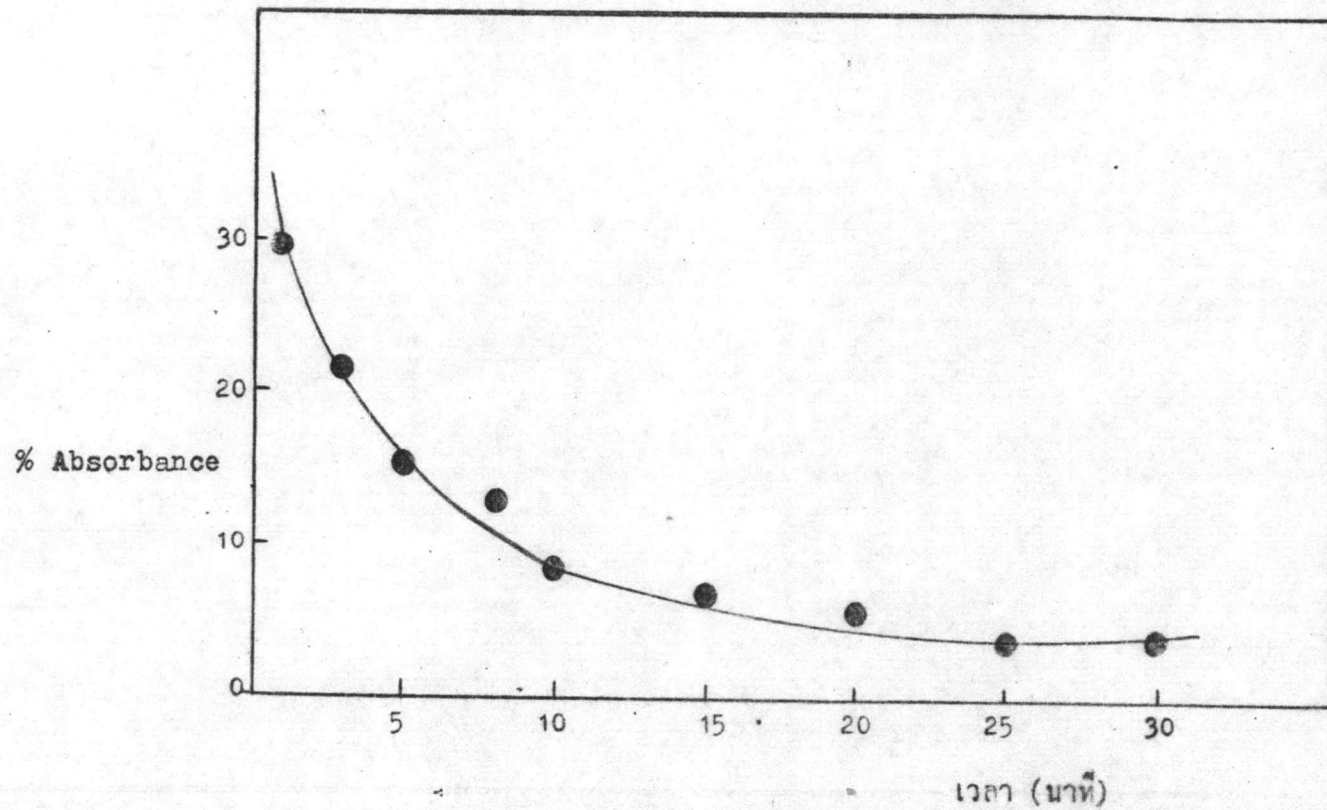
ตารางที่ 4.17 ค่า % Absorbance ที่เวลาต่าง ๆ กันในการใช้ผงถ่านทำให้น้ำตาลเหลวจากข้าวโพดบริสุทธิ์ โดยใช้ปริมาณผงถ่าน 2.0% น้ำหนัก/น้ำหนัก วัดค่า % Absorbance ที่ 330 นาโนมิเตอร์

| เวลา (นาที) | % Absorbance | |
|----------------|--------------------|-----------------------------------|
| | โดยวิธีย่อยด้วยกรด | โดยวิธีย่อยด้วยกรด กับเอ็นไซม์ |
| 1 | 30.4 | 21.5 |
| 3 | 20.2 | 21.5 |
| 5 | 16.6 | 15.0 |
| 8 | 13.7 | 12.9 |
| 10 | 9.8 | 8.0 |
| 15 | 8.0 | 6.5 |
| 20 | 6.9 | 5.5 |
| 25 | 4.5 | 3.8 |
| 30 | 3.5 | 3.7 |



รูปที่ 4.10 ผลของ เวลาในการใช้ผงถ่านทำให้น้ำตาลเหลวจากข้าวโพด (จากวิธีการใช้กรด) บริสุทธิ์ โดยใช้ปริมาณผงถ่าน 2.0 % น้ำหนัก/น้ำหนัก วัดค่า % Absorbance ที่ 330 นาโนมิเตอร์





รูปที่ 4.11 ผลของเวลาในการใช้ผงถ่านทำให้น้ำตาลเหลวจากข้าวโพด (จากวิธีการใช้กรดกับเอ็นไซม์) บริสุทธิ์ โดยใช้ปริมาณผงถ่าน 4.0% น้ำหนัก/น้ำหนัก วัดค่า % Absorbance ที่ 330 นาโนเมตร

4.7 การย่อยแป้งข้าวโพดให้เป็นน้ำตาลเหลวด้วยสภาวะที่เหมาะสม

4.7.1 โดยวิธีการไซกรด

กำหนดตัวแปรต่าง ๆ ใ้คงที่คือ ความเข้มข้นของสารละลายแป้ง 30% น้ำหนักแป้งแห้ง/ปริมาตร, ปริมาณกรดเกลือเข้มข้น 1.5% ปริมาตร/น้ำหนักแป้งแห้ง, เวลา 35 นาที, อุณหภูมิ และความดัน 121 องศาเซลเซียส และ 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว

4.7.2 โดยวิธีการไซกรดกับเอ็นไซม์

การย่อยด้วยกรด กำหนดตัวแปรต่าง ๆ ใ้คงที่คือ ความเข้มข้นของสารละลายแป้ง 30% น้ำหนักแป้งแห้ง/ปริมาตร, ปริมาณกรดเกลือเข้มข้น 0.25% ปริมาตร/น้ำหนักแป้งแห้ง เวลา 35 นาที, อุณหภูมิและความดัน 121 องศาเซลเซียส และ 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว

การย่อยด้วยเอ็นไซม์ กำหนดตัวแปรต่าง ๆ ใ้คงที่คือ ปริมาณเอ็นไซม์กลูโคมิเลส 0.125 มิลลิลิตร/100 กรัมแป้งแห้ง, เวลา 30 ชั่วโมง, อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และความดันเป็นกรด-ด่าง 4.0

ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 เปอร์เซ็นต์ผลผลิตของน้ำตาลเหลวจากข้าวโพด และกากที่เหลือ ที่ได้จากการผลิตที่สภาวะที่เหมาะสม

| รายการ | % ผลผลิต(น้ำหนักแห้ง เทียบกับแป้งแห้ง) | | % ผลผลิตของน้ำตาลเหลว (น้ำหนักแห้ง เทียบกับข้าวโพดแห้ง) |
|----------------------------|--|-------------|---|
| | น้ำตาลเหลวจากข้าวโพด | กากที่เหลือ | |
| โดยวิธีการไซกรด | 85.6 | 10.3 | 42.6 |
| โดยวิธีการไซกรดกับเอ็นไซม์ | 79.8 | 16.7 | 39.7 |

4.8 การวิเคราะห์ปริมาณและคุณภาพของน้ำตาลเหลวจากข้าวโพด

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.19 และ 4.20

ตารางที่ 4.19 คุณลักษณะทั่วไปและคุณลักษณะทางเคมีของน้ำตาลเหลวจากข้าวโพด

| รายการ | โดยวิธีการใช้กรด | โดยวิธีการใช้กรดกับ เอ็นไซม์ |
|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| คุณลักษณะ สมมูลย เดกโตรส | ของ เหลวข้น,ขาวใส,มีรสหวาน 52.83 | ของ เหลวข้น,ขาวใส,มีรสหวาน 93.84 |
| ปริมาณของ แข็งทั้งหมด (% น้ำหนัก) | 72.5 | 71.4 |
| ความเป็นกรด-ด่าง | 5.0 | 5.0 |
| เดกซ์โทรส (% น้ำหนักแห้ง) | | |
| ก่อนผ่าน เรซิน | 1.30 | 0.41 |
| หลังผ่าน เรซิน | 0.40 | 0.09 |

ตารางที่ 4.20 สิ่งเจือปนและสารปนเปื้อนในน้ำตาลเหลวจากข้าวโพด

| รายการ | โดยวิธีการใช้กรด | โดยวิธีการใช้กรดกับ เอ็นไซม์ |
|--------------------------------|------------------|------------------------------|
| ซิลเฟอร ไดออกไซด์ (มก./กก.) | 15.19 | 14.24 |
| อาร์เซนิก (มก./กก.) | | |
| ก่อนผ่าน เรซิน | 0.00 | 0.00 |
| หลังผ่าน เรซิน | 0.00 | 0.00 |
| ทองแดง (มก./กก.) | | |
| ก่อนผ่าน เรซิน | 2.33 | 2.85 |
| หลังผ่าน เรซิน | 1.14 | 1.31 |
| ตะกั่ว (มก./กก.) | | |
| ก่อนผ่าน เรซิน | 0.46 | 0.56 |
| หลังผ่าน เรซิน | 0.32 | 0.42 |