

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

#### 4.1 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแป้งกะบุง

##### องค์ประกอบทางเคมีของหัวกะบุงสด

หัวกะบุงสดมีปริมาณความชื้นร้อยละ 81.91

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (ร้อยละ)
โปรตีน	3.33
เถ้า	4.05
ไขมัน	0.72
เยื่อใย	1.68
คาร์โบไฮเดรต	90.22

a คำนวณเป็น dry basis

#### 4.1.1 กระบวนการทำแห้งแผ่นกะบุงสดเพื่อผลิตแป้งกะบุงแบบแห้ง

##### 4.1.1.1 กำหนดภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมแผ่นกะบุงสดก่อนอบแห้ง

ผลการทดลองหาภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมแผ่นกะบุงสดก่อนอบแห้ง โดยหั่นหัวกะบุงสดเป็นแผ่นหนาประมาณ 0.1 เซนติเมตร แช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 600-1400 มิลลิกรัม เป็นเวลา 5-50 นาที แสดงในตารางที่ 4.1-4.3



ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของระดับคะแนนความเข้มข้นน้ำตาลที่เกิดขึ้นของแผ่นกษบกดขนาด 0.1 เซนติเมตร หลังแช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ระดับความเข้มข้นและเวลาต่าง ๆ และอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นสุดท้ายร้อยละ 8-10

Source of variation	Degree of freedom	Mean square	Computed F	Table F (0.05)
Treatment	29			
Sod. metabisulfite	4	8.4833	36.3622*	2.69
Time	5	7.9600	34.1192*	2.53
Interaction	20	0.5433	2.3287*	1.93
Error	30	0.2333		
Total	88			

\* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

จากการวางแผนและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติแบบ Asymmetric Factorial Experiment พบว่า ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (600-1400 พีพีเอ็ม) และระยะเวลาในการแช่ (5-50 นาที) มีอิทธิพลร่วมในการยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลของแผ่นกษบกดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยภาวะที่เหมาะสมที่สุดคือ ใช้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 1400 พีพีเอ็ม และระยะเวลาในการแช่ 5 นาที แต่เมื่อสังเกตแผ่นกษบกดที่ได้เมื่อใช้ภาวะดังกล่าว พบว่า แผ่นกษบกดมีสีน้ำตาลออกเหลือง ดังนั้นจึงได้ศึกษาเพิ่มเติมโดยเลือกใช้ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ 1400 พีพีเอ็ม แต่ระยะเวลาในการแช่เป็น 1 และ 5 นาที ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 สีของแผ่นกะบกอบแห้งหลังแช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 1400 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 1 และ 5 นาที

ระยะเวลาในการแช่ (นาที)	สีของแผ่นกะบกแห้ง
1	น้ำตาลอ่อน
5	น้ำตาลออกเหลือง

จากตารางจะเห็นได้ว่าการแช่แผ่นกะบกเพียงแค่ 1 นาทีก็เพียงพอในการยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล และไม่ทำให้แผ่นกะบกเหลือง ดังนั้น ภาวะที่ดีที่สุดในการแช่แผ่นกะบกขนาด 0.1 เซนติเมตรก่อนอบแห้งคือ ใช้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 1400 พีพีเอ็ม ระยะเวลาในการแช่ 1 นาที

4.1.1.2 ศึกษาการเลือกขนาดของแป้งกะบกที่ได้จากการบดแผ่นกะบกแห้ง ผลการทดลองเลือกขนาดของแป้งกะบกที่ได้จากการบดแผ่นกะบกแห้งที่มีความชื้นสุดท้ายร้อยละ 8-10 ด้วย pin mill ที่มีตะแกรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.1 เซนติเมตร แสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ร้อยละของปริมาณกลูโคแมนแนนในแป้งกะบุง และร้อยละของปริมาณแป้งกะบุง ขนาดต่าง ๆ ที่แยกได้หลังบดผ่านกะบุงแห้งที่มีความชื้นร้อยละ 8-10 ด้วย pin mill

ขนาดของแป้งกะบุง (เมช)	ค่าเฉลี่ยปริมาณกลูโคแมนแนน (ร้อยละ)	ค่าเฉลี่ยปริมาณแป้งกะบุงขนาดต่าง ๆ ที่แยกได้ (ร้อยละ)
ใหญ่กว่า 25	51.14 <sup>b</sup>	0.27
26 - 35	53.74 <sup>b</sup>	6.62
36 - 50	66.21 <sup>a</sup>	62.19
51 - 100	55.61 <sup>b</sup>	27.55
101 - 200	12.88 <sup>c</sup>	2.35
201 - 325	1.38 <sup>d</sup>	0.12

a, b, c, ... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

จากการวางแผนและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติแบบ CRD พบว่า แป้งกะบุงขนาดต่าง ๆ จะมีร้อยละของปริมาณกลูโคแมนแนนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ดังนั้นจึงเลือกแป้งกะบุงขนาด 36-100 เมชไว้ใช้ในการทดลอง เนื่องจากให้ร้อยละของปริมาณกลูโคแมนแนนค่อนข้างสูง

#### 4.1.1.3 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแผ่นกะบุงสด

##### 4.1.1.3.1 การตากแดด

ผลการทดลองการทำแห้งแผ่นกะบุงสดโดยวิธีการตากแดด พบว่าจะได้แผ่นกะบุงแห้งที่มีความชื้นสุดท้ายร้อยละ 9.24 เมื่อใช้เวลาตากแดดประมาณ 5-6 ชั่วโมง ได้แป้งกะบุงที่มีร้อยละของปริมาณกลูโคแมนแนนประมาณ 77.20

##### 4.4.1.3.2 การอบแห้งด้วยตู้อบแบบมิลมเป่า

การอบแห้งแผ่นกะบุงขนาด 0.1 เซนติเมตรหลังแช่ในสารละลาย

ลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 1400 พีพีเอ็มเป็นเวลา 1 นาที ที่อุณหภูมิต่าง ๆ คือ 50, 70 และ 90 องศาเซลเซียส ผลของระยะเวลาทำแห้งเพื่อให้ได้แผ่นกะบักที่มีความชื้นสุดท้ายร้อยละ 8-10 หาได้จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นของแผ่นกะบัก กับระยะเวลาอบแห้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.1 และตารางที่ 4.6 ส่วนผลของความสามารถในการพองตัว และร้อยละของปริมาณกลูโคแมนแนนในแป้งกะบักที่ภาวะต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 4.7

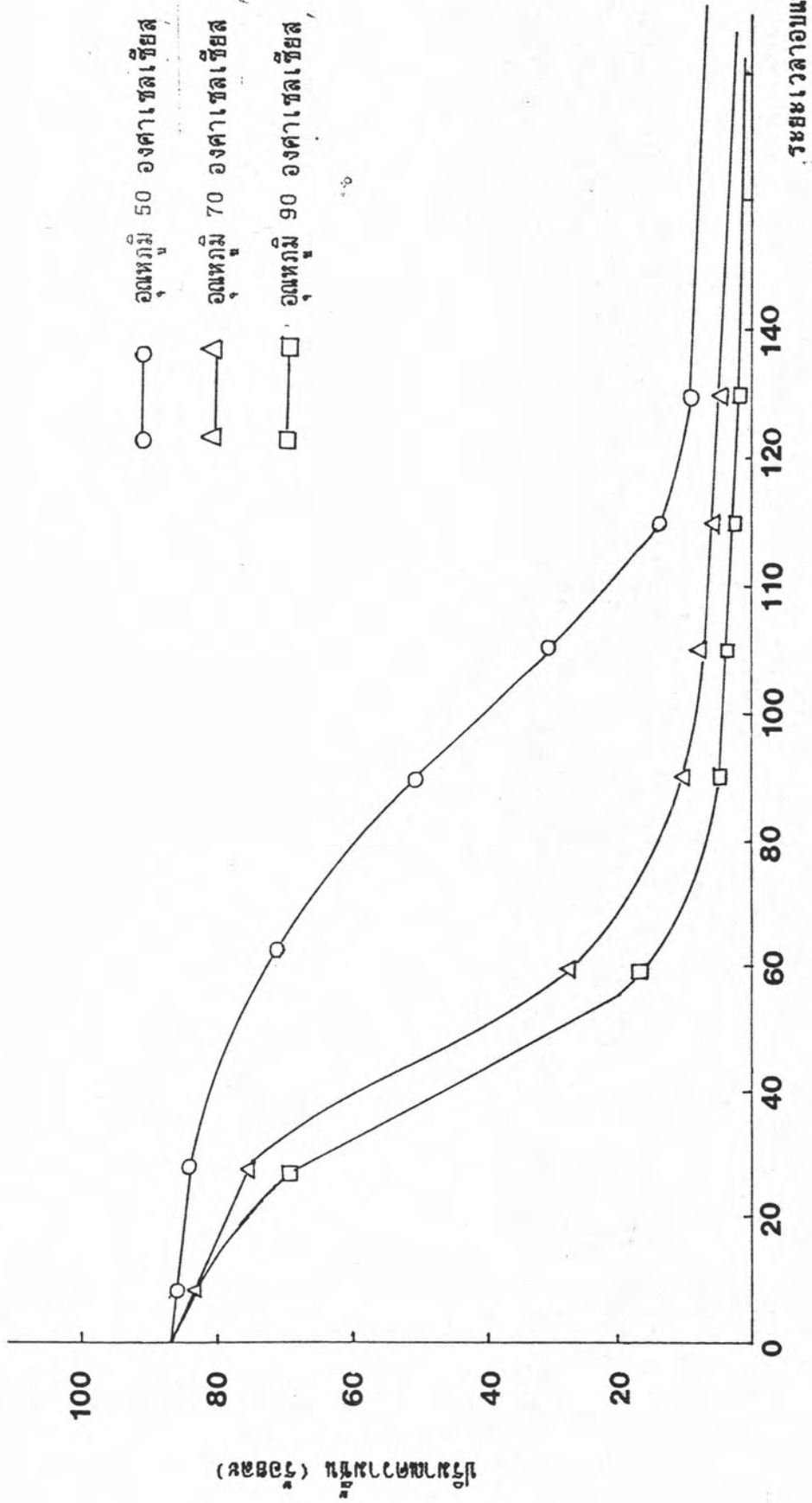
ตารางที่ 4.6 ระยะเวลาอบแห้งแผ่นกะบักขนาด 0.1 เซนติเมตรที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาอบแห้ง (นาที)	ความชื้นของแผ่นกะบักแห้ง (ร้อยละ)
50	166	9.89
70	100	9.72
90	75	9.65

ตารางที่ 4.7 ความสามารถในการพองตัว และร้อยละของปริมาณกลูโคแมนแนนในแป้งกะบักเมื่อใช้อุณหภูมิอบแห้งต่าง ๆ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าเฉลี่ยความสามารถ ในการพองตัว	ค่าเฉลี่ยปริมาณกลูโคแมนแนน (ร้อยละ)	ผลผลิตที่ได้ (ร้อยละ)
50	44.12 <sup>a</sup>	77.48 <sup>a</sup>	14.80
70	46.87 <sup>b</sup>	80.85 <sup>b</sup>	15.10
90	46.21 <sup>b</sup>	80.00 <sup>b</sup>	15.06

a, b, c, ... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นของแผ่นขบกับระยะเวลาอบแห้ง ที่อุณหภูมิต่าง ๆ



จากการวางแผนและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติแบบ CRD พบว่า แป้งกะบักที่ผลิตได้เมื่อใช้อุณหภูมิอบแห้งต่าง ๆ มีความสามารถในการพองตัว และร้อยละของปริมาณกลูโคแมนแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) จึงพิจารณาเวลาอบแห้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ จนได้แป้งที่มีความชื้นสุดท้ายร้อยละ 8-10 ภาวะที่เหมาะสมที่สุดคือ ใช้อุณหภูมิอบแห้งที่ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 100 นาที จะได้แป้งสีน้ำตาลอ่อน ดังแสดงในรูปที่ 4.2

#### 4.1.2 การผลิตแป้งกะบักแบบเปียก

##### 4.1.2.1 ศึกษาความเข้มข้นของเอธิลแอลกอฮอล์ที่เหมาะสมในการผลิตแป้งกะบักแบบเปียก

ผลการทดลองผลิตแป้งกะบักแบบเปียกโดยแปรความเข้มข้นของเอธิลแอลกอฮอล์เป็น 4 ระดับ คือ ร้อยละ 40, 50, 60 และ 70 โดยปริมาตร ความสามารถในการพองตัว และร้อยละของปริมาณกลูโคแมนแนนในแป้งกะบักที่ได้จากแต่ละภาวะแสดงในตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.3-4.4 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.8 สมบัติทางกายภาพของแป้งกะบักผลิตแบบเปียก เมื่อแปรความเข้มข้นของเอธิลแอลกอฮอล์ที่ใช้ในการผลิต

ความเข้มข้นของเอธิลแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร)	ค่าเฉลี่ยปริมาณกลูโคแมนแนน (ร้อยละ)	ความสามารถในการพองตัว	ผลผลิตที่ได้ (ร้อยละ)	สี
40	77.56 <sup>b</sup>	42.06 <sup>b</sup>	12.90	น้ำตาล
50	87.98 <sup>a</sup>	72.19 <sup>a</sup>	12.50	ขาว
60	87.13 <sup>a</sup>	67.81 <sup>a</sup>	12.75	ขาวออกเทา
70	86.35 <sup>a</sup>	66.93 <sup>a</sup>	12.63	เทา

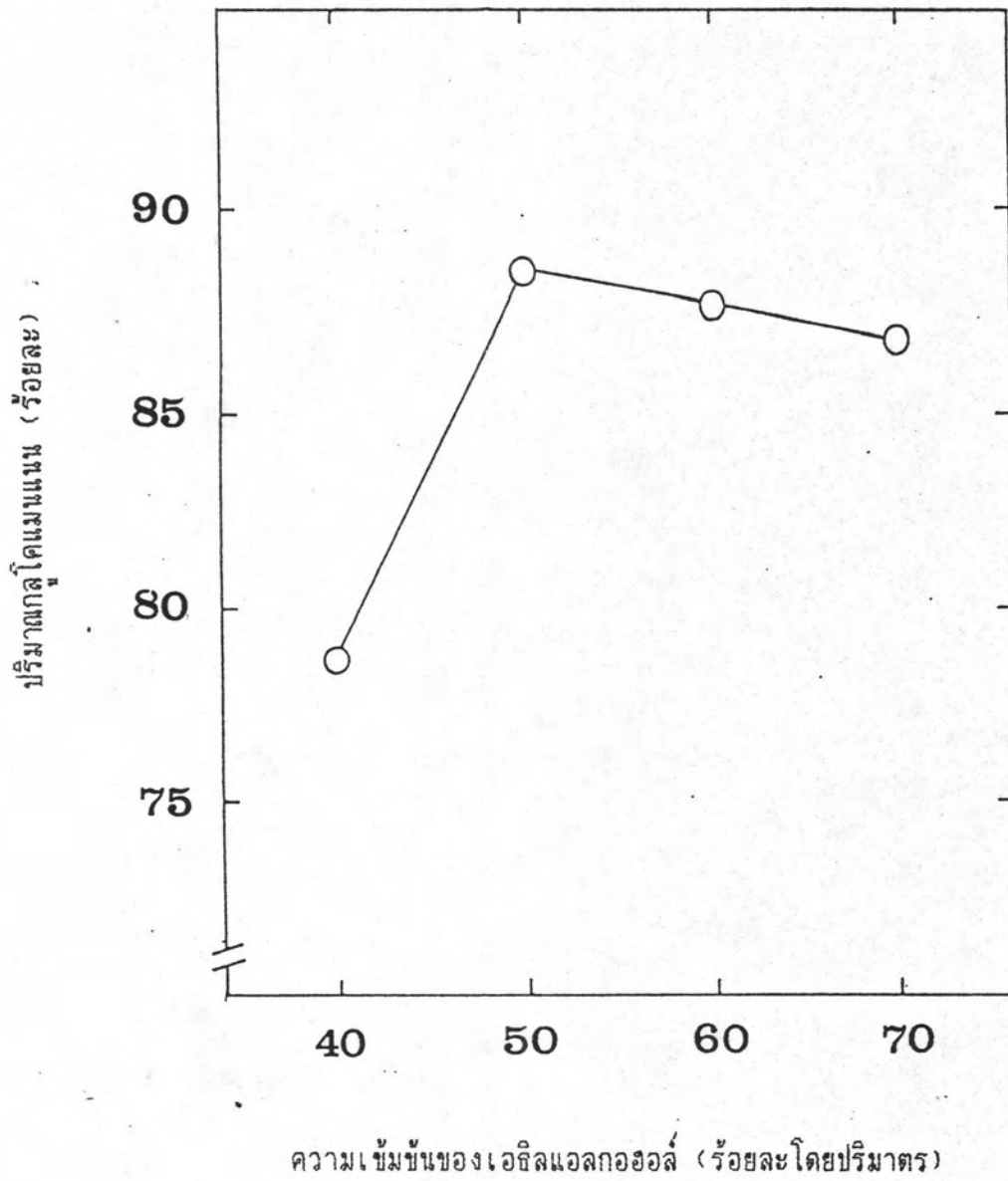
a, b, ... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )



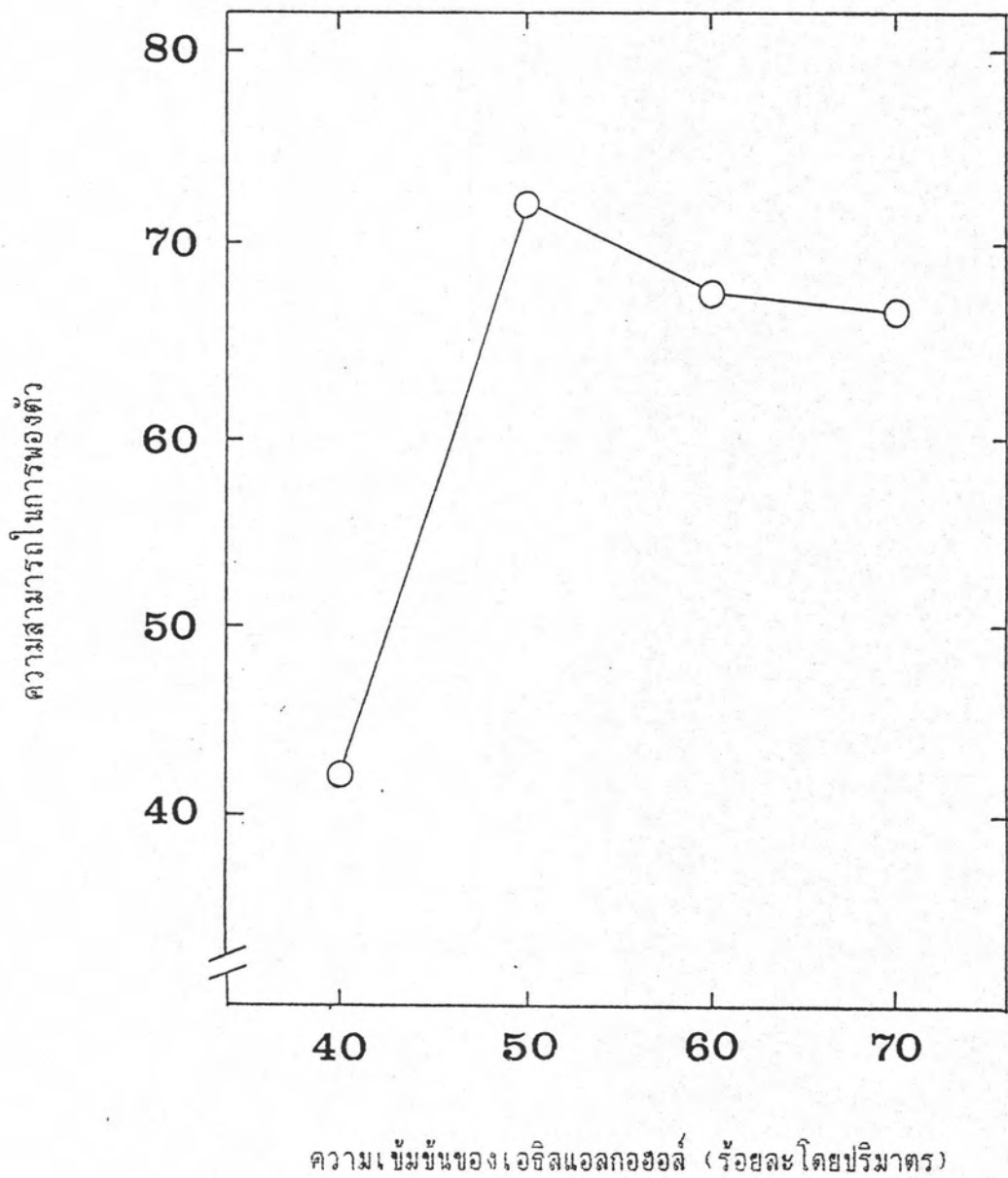


แป้งกะบุงแบบแห้ง

รูปที่ 4.2 แป้งกะบุงผลิตแบบแห้ง



รูปที่ 4.3 ร้อยละของปริมาณโพลีเอทิลีนไกลคอลในแป้งกะบุง เมื่อแปรความชื้นของเอทิลแอลกอฮอล์ที่ใช้ในการผลิต



รูปที่ 4.4 ความสามารถในการพองตัวของแป้งกะบุง เมื่อแปรความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์ที่ใช้ในการผลิต

จากการวางแผนและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติแบบ CRD พบว่า แป้งกะบุงผลิตแบบเปียกเมื่อแปรความเข้มข้นของเอธิลแอลกอฮอล์ที่ใช้ มีร้อยละของปริมาณกลูโคแมนแนน และความสามารถในการพองตัวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของปริมาณกลูโคแมนแนน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ร้อยละของปริมาณกลูโคแมนแนนในแป้งกะบุงที่ได้ เมื่อแปรความเข้มข้นของเอธิลแอลกอฮอล์เป็นร้อยละ 50, 60 และ 70 โดยปริมาตรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ดังนั้นภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตคือ ใช้เอธิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร จะได้แป้งกะบุงสีขาว ดังแสดงในรูปที่ 4.5

#### 4.2 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการทำแป้งกะบุงบริสุทธิ์

##### 4.2.1 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการไดแอลิซิส

ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการไดแอลิซิสสารละลายแป้งกะบุงความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยแปรระยะเวลาในการไดแอลิซิสเป็น 0, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง ร้อยละของปริมาณเถ้าที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.6

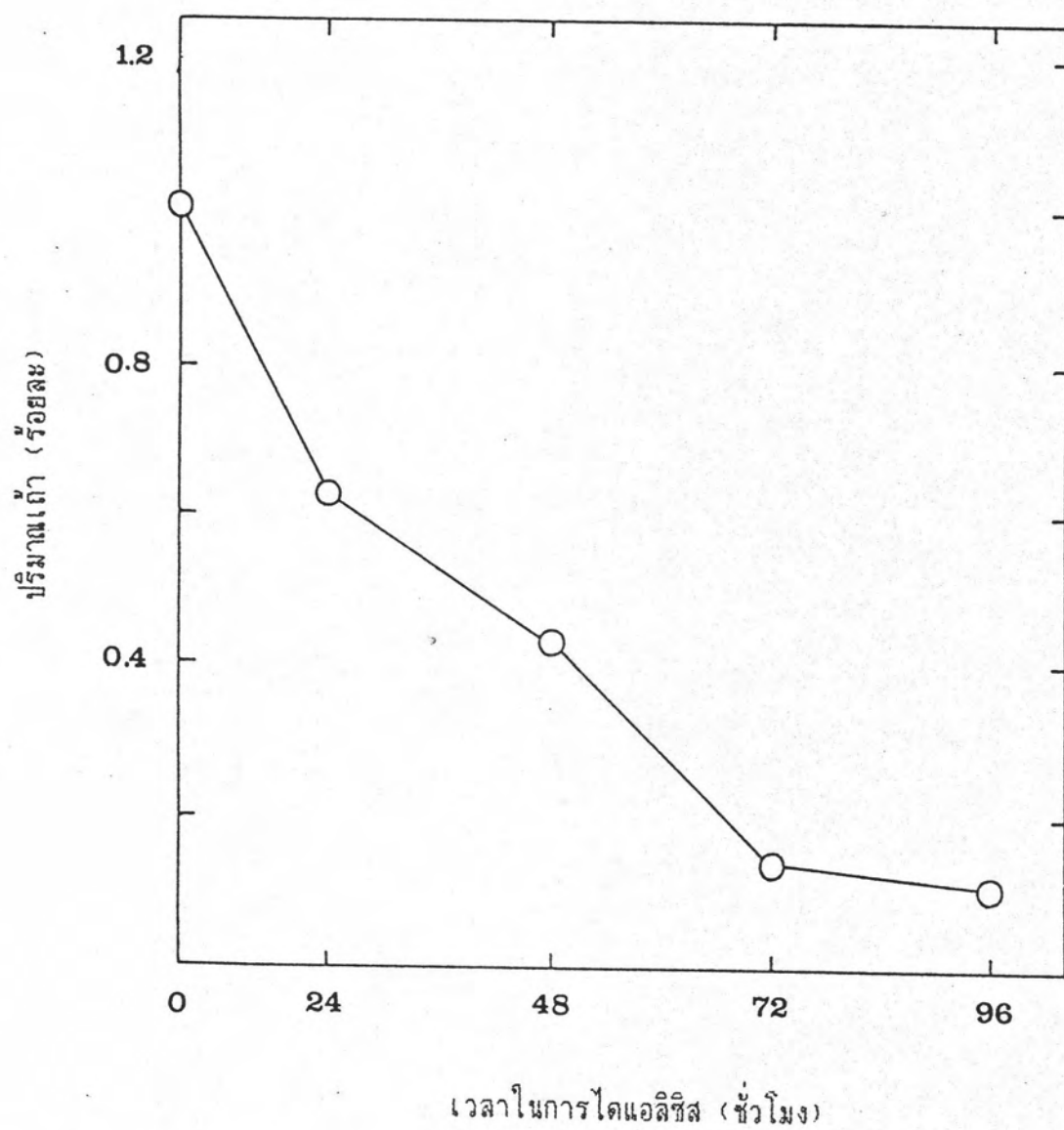
ตารางที่ 4.9 ร้อยละของปริมาณเถ้าของแป้งกะบุงบริสุทธิ์ เมื่อแปรระยะเวลาในการไดแอลิซิสเป็นเวลาต่าง ๆ

ระยะเวลาในการไดแอลิซิส (ชั่วโมง)	ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)
0	1.09 <sup>a</sup>
24	0.53 <sup>b</sup>
48	0.43 <sup>b</sup>
72	0.14 <sup>c</sup>
96	0.11 <sup>c</sup>

a, b, ... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )



รูปที่ 4.5 แป้งกะบุงผลิตแบบเปียก



รูปที่ 4.6 ร้อยละของปริมาณแก้วของแป้งกะบุงบริสุทธิ เมื่อแปรระยะเวลาในการไตแอลกอฮอล์เป็นเวลาต่าง ๆ



จากการวางแผนและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติแบบ CRD พบว่า แป้งกะบุงบรืสุทธุ์เมื่อแปรระยะเวลาในการไดแอลลีซิส มีร้อยละของปริมาณเก่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของปริมาณเก่าของแป้งกะบุงบรืสุทธุ์ โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า เวลาที่ใช้ในการไดแอลลีซิส 72 และ 96 ชั่วโมง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ดังนั้นจึงเลือกใช้เวลาในการไดแอลลีซิสคือ 72 ชั่วโมง

#### 4.2.2 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งสารละลายแป้งกะบุงบรืสุทธุ์

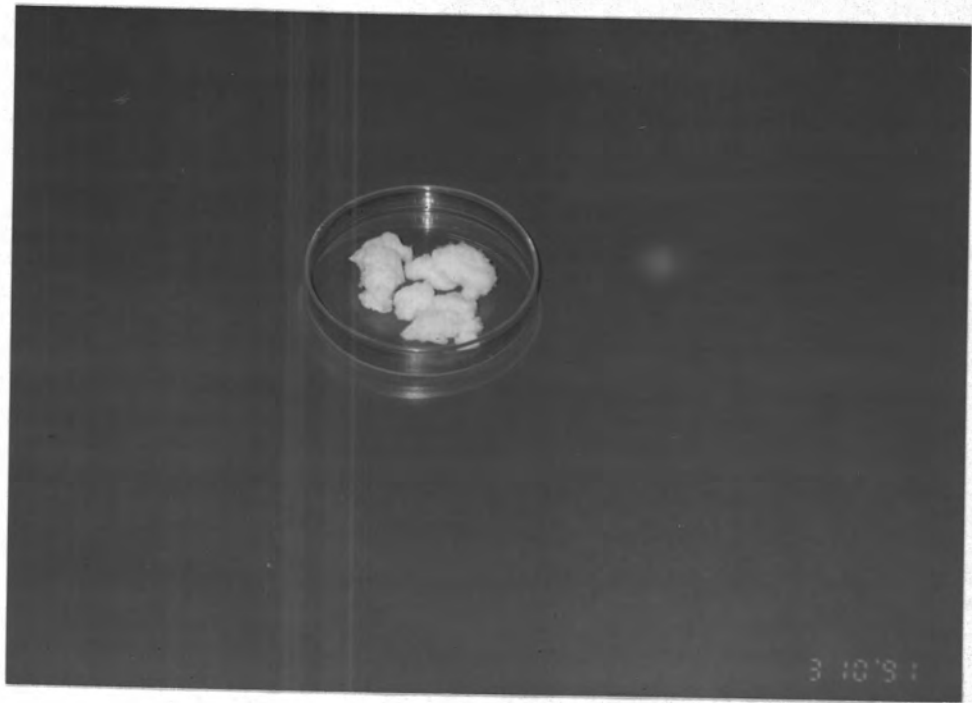
ผลการทดลองการทำแห้งสารละลายแป้งกะบุงบรืสุทธุ์ โดยแปรการทำแห้งด้วย vacuum dryer และ freeze dryer ร้อยละของปริมาณกลูโคแมนแนน, การละลาย และการเกิดเจล แสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 สมบัติของแป้งกะบุงเมื่อแปรการทำแห้งโดยใช้ vacuum dryer และ freeze dryer

สมบัติของแป้งกะบุง	แป้งกะบุงบรืสุทธุ์เมื่อทำแห้งโดย	
	vacuum dryer	freeze dryer
ลักษณะ	คล้ายแผ่นพลาสติกใส	คล้ายฝ้าย สีขาว
การละลายน้ำ	ละลายเล็กน้อย	ละลายได้ดี
การเกิดเจล	ไม่ได้ศึกษา	เกิด
ปริมาณกลูโคแมนแนน (ร้อยละ)	ไม่ได้ศึกษา	98.86
แป้ง (starch)	ไม่พบ	ไม่พบ

จากตารางจะเห็นได้ว่า แป้งกะบุงบรืสุทธุ์ที่ได้จากการทำแห้งโดยใช้ vacuum dryer จะขาดสมบัติที่สำคัญคือ การละลายน้ำ ดังนั้นกระบวนการที่เหมาะสมในการทำแห้งสารละลายแป้งกะบุงบรืสุทธุ์คือใช้ freeze dryer จะได้แป้งกะบุงบรืสุทธุ์มีลักษณะคล้ายฝ้าย สีขาว ดังแสดงในรูปที่ 4.7





รูปที่ 4.7 แป้งกะบุงบวิสุทธิ

#### 4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแป้งกะบุงที่ผลิตได้

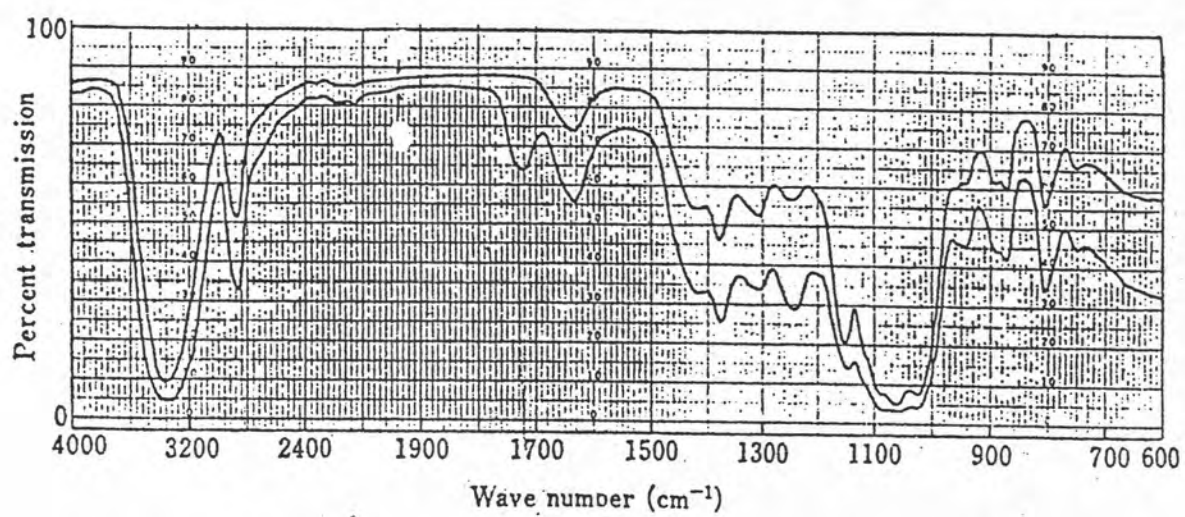
##### 4.3.1 สมบัติทางเคมีของแป้งกะบุง

ผลขององค์ประกอบทางเคมีของแป้งกะบุงที่ผลิตได้นั้น พบว่ามีองค์ประกอบทางเคมีต่าง ๆ ใกล้เคียงกับแป้งกะบุงที่ผลิตขายทางการค้าของบริษัท Propol<sup>®</sup> และ Hi-mannan<sup>®</sup> ประเทศญี่ปุ่น ดังแสดงในตารางที่ 4.11

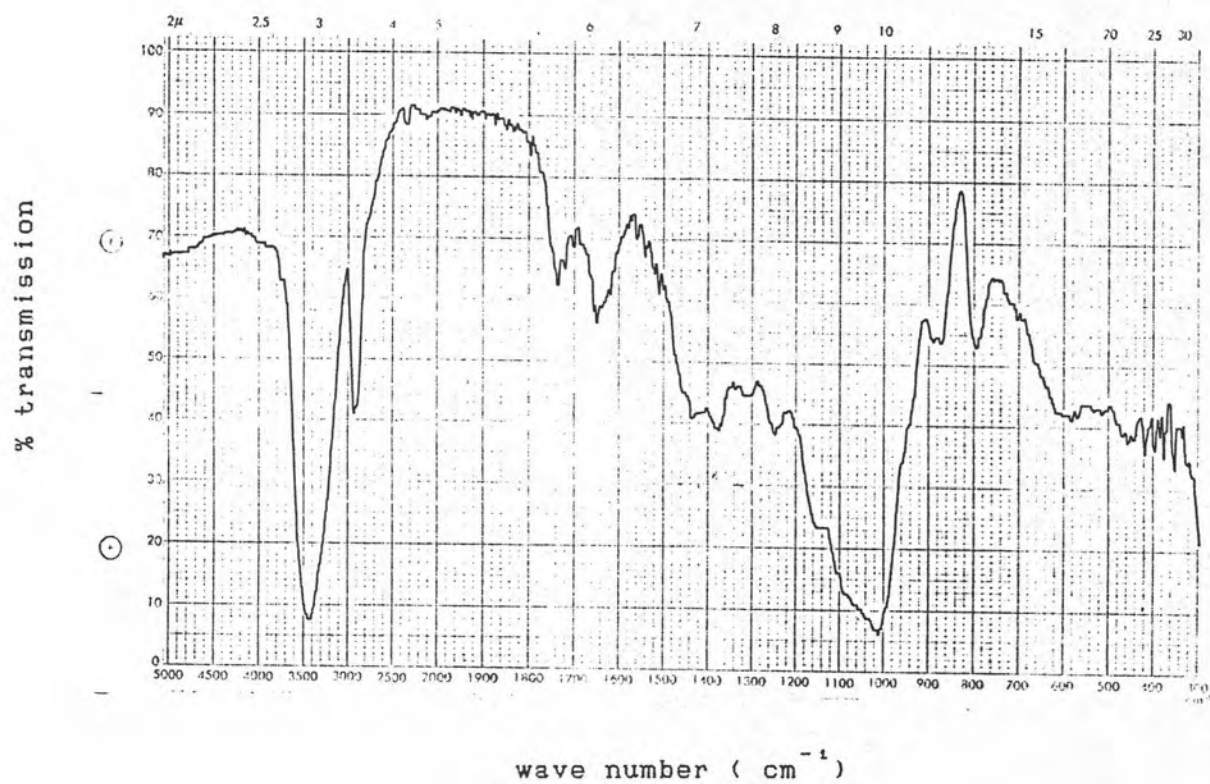
ตารางที่ 4.11 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งกะบุงผลิตขายทางการค้า ( Propol<sup>®</sup> และ Hi-mannan<sup>®</sup> ) เปรียบเทียบกับแป้งกะบุงที่ผลิตได้

องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละขององค์ประกอบ				
	Propol <sup>®</sup>		Hi-mannan <sup>®</sup>	แป้งกะบุง	
	Purified grade	Food grade		แบบเปียก	แบบแห้ง
ความชื้น	3.2	9.4	8.3	8.3	9.7
เยื่อใย	0.7	0.3	1.7	2.3	2.1
โปรตีน	0.4	< 2.7	0.8	0.8	1.5
เถ้า	0.2	5.5	0.7	0.6	3.1
ไขมัน	0.0	0.6	0.1	0.4	0.6
คาร์โบไฮเดรต	95.5	81.5	88.4	87.6	82.6

การทดสอบเพื่อยืนยันว่าแป้งที่ผลิตได้นั้นมีองค์ประกอบหลักคือ กลูโคแมนแนน ใช้วิธีทดสอบโดยหาร้อยละของปริมาณอาหารเส้นใย เนื่องจากกลูโคแมนแนนจัดเป็นอาหารเส้นใยชนิดหนึ่ง หรืออาจใช้อีกวิธีคือ การตรวจสอบโดยใช้เทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปีวิเคราะห์โครงสร้างของแป้งกะบุงเทียบกับกลูโคแมนแนนมาตรฐาน ดังแสดงในรูปที่ 4.8-4.9



รูปที่ 4.8 อินฟราเรดสเปกตรัมของกลูโคแมนแนนมาตรฐาน (ฟิล์ม)



รูปที่ 4.9 อินฟราเรดสเปกตรัมของแป้งกะบงผลิตแบบเปียก ( KBr-disk )

การวิเคราะห์องค์ประกอบของกลูโคแมนแนนโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ ได้ผลดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของกลูโคแมนแนน

ระยะทางที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่ขึ้นไปสูงสุด 15.0 เซนติเมตร

สารที่ใช้	ระยะทางที่สารเคลื่อนที่ (เซนติเมตร)	Rf
สารละลายกลูโคสมาตรฐาน ความเข้มข้นร้อยละ 2	8.0	0.53
สารละลายแมนโนสมาตรฐาน ความเข้มข้นร้อยละ 2	9.2	0.61
สารตัวอย่าง	8.1	0.54
	9.1	0.61

จากตารางจะเห็นได้ว่า กลูโคแมนแนนประกอบด้วย กลูโคส และแมนโนส

การหาร้อยละของปริมาณความชื้น, ความสามารถในการพองตัว, ร้อยละของปริมาณกรดออกซาลิกและแคลเซียมออกซาลेट และปริมาณตะกั่วและสารหนูในแป้งกะบูก ได้ผลดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 สมบัติและองค์ประกอบบางประการของแป้งกะบุงแบบแห้งและแบบเปียก

สมบัติและองค์ประกอบ	ปริมาณ(ร้อยละ)	
	แป้งกะบุงแบบแห้ง	แป้งกะบุงแบบเปียก
ความชื้น	9.72	8.30
กลูโคแมนแนน	80.85	87.98
ความสามารถในการพองตัว กรดออกซาลิกและแคลเซียม	46.87	72.19
ออกซาเลท	1.44	0.02
ตะกั่ว	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ
สารหนู	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ
การละลายน้ำที่อุณหภูมิห้อง (ความเข้มข้นร้อยละ 1-10)	ละลาย	ละลาย
แป้ง(starch)	ไม่พบ	ไม่พบ
ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (พีพีเอ็ม)	241	57

#### 4.3.2 สมบัติทางกายภาพของแป้งกะบุง

##### 4.3.2.1 ความสามารถในการพองตัว

ผลของอุณหภูมิต่อความสามารถในการพองตัวของแป้งกะบุง โดยแปรอุณหภูมิที่ใช้เป็นอุณหภูมิห้อง, 50, 60, 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส แสดงในตารางที่ 4.14 และรูปที่ 4.10

ตารางที่ 4.14 ความสามารถในการพองตัวของแป้งกะบูกที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิที่ใช้ ( องศาเซลเซียส )	ความสามารถในการพองตัว
อุณหภูมิห้อง ( 32 )	34.27 <sup>a</sup>
50	53.01 <sup>b</sup>
60	59.27 <sup>c</sup>
70	63.55 <sup>c</sup>
80	72.39 <sup>d</sup>
90	80.99 <sup>e</sup>

a, b, ... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่าง  
มีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

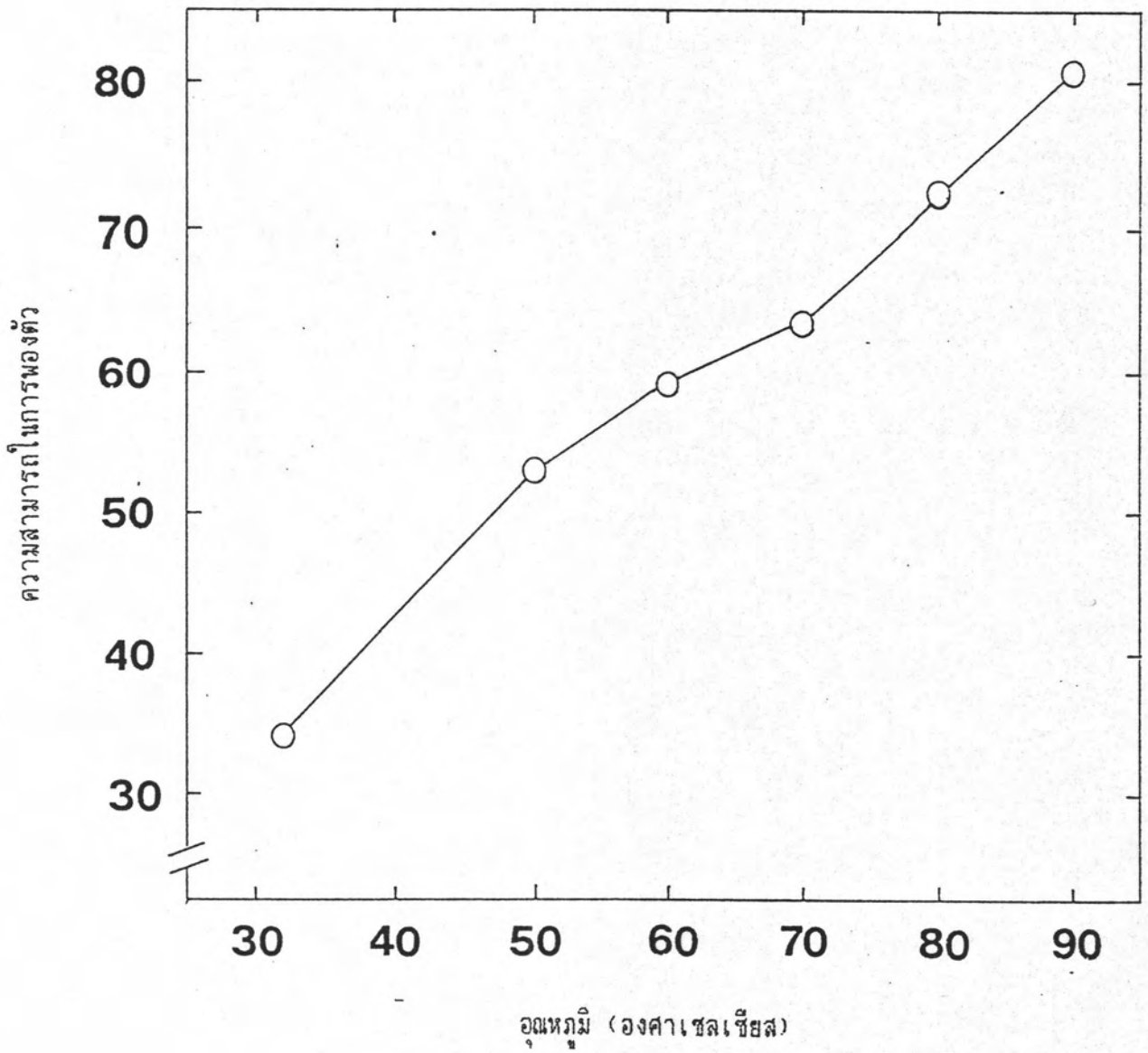
หมายเหตุ : ใช้แป้งกะบูกผลิตแบบแห้ง

4.3.2.2 ผลการวัดค่า pH ของสารละลายแป้งกะบูก พบว่า สารละลาย  
แป้งกะบูกมีค่า pH ประมาณ 6.85

#### 4.3.2.3 ความสามารถในการเกิดเจล

ผลของความสามารถในการเกิดเจลของแป้งกะบูก เมื่อแปร pH  
ของสารละลายแป้งกะบูกความเข้มข้นร้อยละ 2 ด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ความ  
เข้มข้นร้อยละ 5 เป็น 9, 10, 11 และ 12 ได้ผลดังตารางที่ 4.15





รูปที่ 4.10 ความสามารถในการพองตัวของแป้งกะบูกที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ตารางที่ 4.15 ค่า gel strength ของแป้งกะบุงที่ระดับ pH ต่าง ๆ

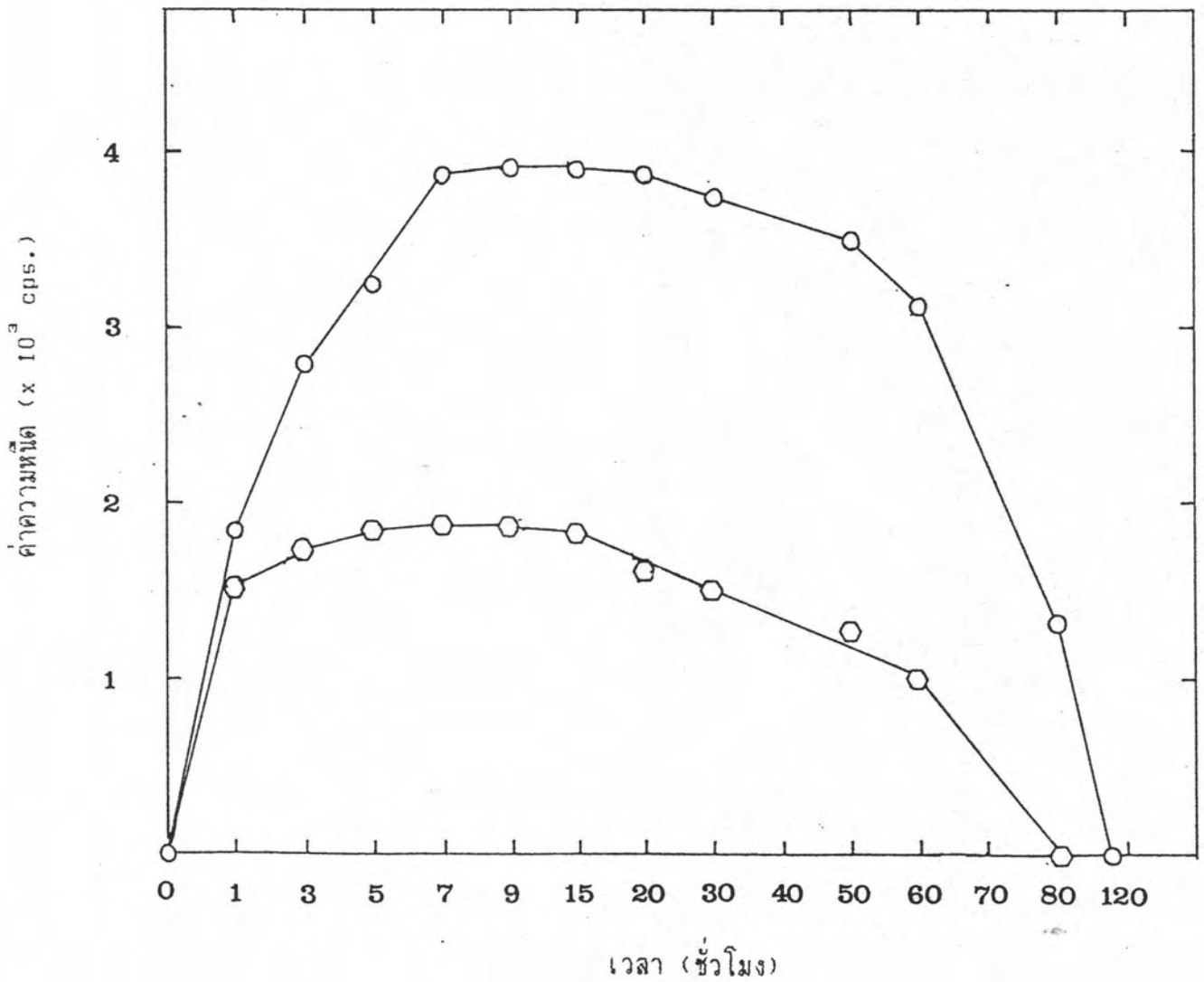
ระดับ pH	ค่า gel strength (นิวตัน)
control(6.85)	สารละลายขุ่นหนืด
9	เจลมีลักษณะนิ่มมาก วัดค่าไม่ได้
10	3.6
11	9.8
12	จับตัวเป็นเจลก้อนเล็ก ๆ

#### 4.3.2.4 ความหนืดของแป้งกะบุง

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับการพองตัวของแป้งกะบุง โดยวัดค่าความหนืดของสารละลายแป้งกะบุงทั้งแบบแห้งและแบบเปียกความเข้มข้นร้อยละ 1 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสด้วยเครื่อง Brookfield viscometer โดยใช้ spindle no.6 ความเร็ว 100 รอบ/นาที แสดงในรูปที่ 4.11

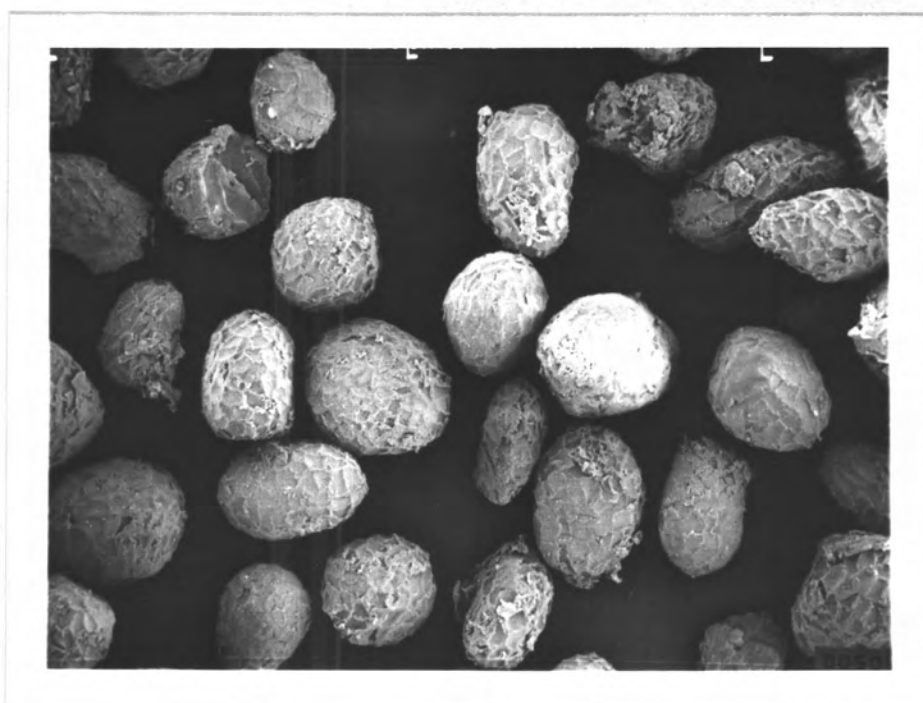
#### 4.3.2.5 ลักษณะของอนุภาคแป้ง

ลักษณะของอนุภาคแป้งเมื่อวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง SEM ได้ผล ดังแสดงในรูปที่ 4.12 โดยแป้งจะมีลักษณะอนุภาคค่อนข้างกลม



รูปที่ 4.11 ค่าความหนืดของสารละลายแบ็งกะบักทั้งแบบแห้งและแบบเปียกความเข้มข้นร้อยละ 1 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในระยะเวลาต่าง ๆ

- แแบ็งกะบักผลิตแบบเปียก  
 ◡—◡      แแบ็งกะบักผลิตแบบแห้ง



รูปที่ 4.12 ลักษณะของอนุภาคแป้งกะบุง (กำลังขยาย 50 เท่า) วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง SEM

#### 4.4 ศึกษาการทดลองนำแป้งกะบุงที่ผลิตได้ไปใช้ในการทำเฮลลี

##### 4.4.1 ศึกษาอัตราส่วนระหว่างแป้งกะบุงและแซนแทน กัม ที่เหมาะสมในการทำเฮลลี

ผลการทดลองหาอัตราส่วนระหว่างแป้งกะบุง และแซนแทน กัม ในการทำเฮลลีโดยแปรปริมาณแป้งกะบุงเป็น 0.5-0.7 กรัม และปริมาณแซนแทน กัม เป็น 0.1-0.3 กรัม ทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ Scoring test ใช้ผู้ทดสอบ 10 คน โดยพิจารณาลักษณะปรากฏ, ลักษณะเนื้อสัมผัส และกลิ่นรส ของเฮลลี ได้ผลดังตารางที่ 4.16-4.18 และรูปที่ 4.13

ตารางที่ 4.16 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านต่าง ๆ ของเฮลลีจากแป้งกะบุง

ปริมาณแซนแทน กัม (กรัม)	ปริมาณแป้งกะบุง (กรัม)	ค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับ (10 คะแนน)			ค่าเฉลี่ยรวม
		ลักษณะปรากฏ	ลักษณะเนื้อสัมผัส	กลิ่นรส	
0.1	0.5	3.200	5.325	7.750	5.425
	0.6	3.750	4.975	7.275	5.333
	0.7	3.650	5.450	7.300	5.467
0.2	0.5	8.250	7.450	7.800	7.833
	0.6	8.075	7.700	7.650	7.808
	0.7	8.675	8.225	7.650	8.183
0.3	0.5	9.050	7.700	7.625	8.125
	0.6	9.050	7.675	7.725	8.150
	0.7	9.300	7.875	7.650	8.275

ตารางที่ 4.17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้าน  
ลักษณะปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัส และกลิ่นรสของเฮลลีจากแป้งกะบุง

Source of variation	Degree of freedom	Computed F			Table F (0.05)
		ลักษณะปรากฏ	ลักษณะเนื้อสัมผัส	กลิ่นรส	
Treatment	8				
xanthan gum	2	227.0863*	19.3115*	0.1786	3.15
kabuk flour	2	0.9025	0.4408	1.4918	3.15
Interaction	4	0.3816	0.1274	1.5030	2.53
Error	81				
Total	89				

\* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

ตารางที่ 4.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนเฉลี่ยการยอมรับรวมทางประสาทสัมผัส  
ของเฮลลีจากแป้งกะบุง

Source of variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	Computed F	Table F (0.05)
Treatment	8				
xanthan gum	2	243.1914	121.5957	6.0989*	3.55
kabuk flour	2	14.7416	7.3708	0.3697	3.55
Interaction	4	361.6387	90.4097	4.5347*	2.93
Error	18	358.8672	19.9371		
Total	34				

\* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )





รูปที่ 4.13 เยลลี่จากแป้งกะบุง

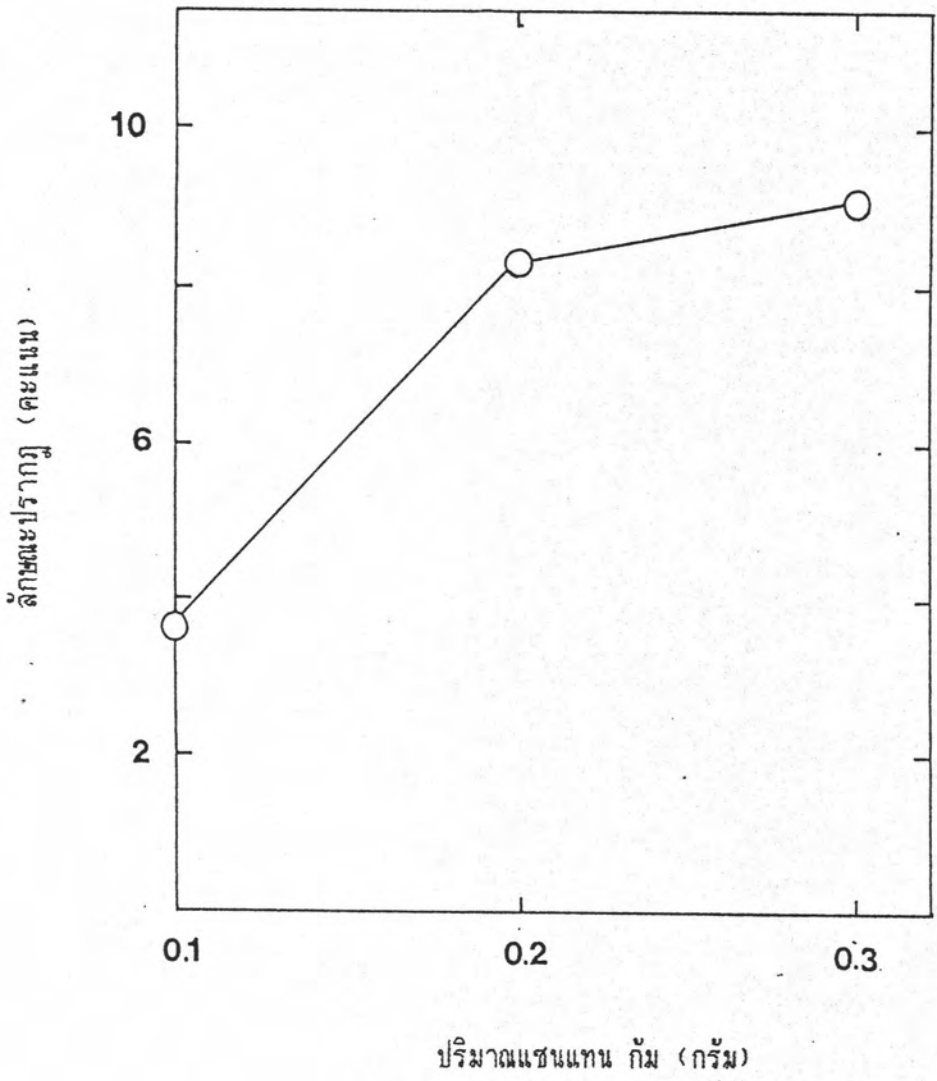


การประเมินผลทางประสาทสัมผัส

ก. ลักษณะปรากฏ

การทดสอบการยอมรับทางด้านลักษณะปรากฏ ให้ผลดังรูปที่ 4.14 และตารางที่

4.19



รูปที่ 4.14 คะแนนการยอมรับทางด้านลักษณะปรากฏของเซลล์จากแป้งกะบูกที่ระดับปริมาณแซนแทน กัม ต่าง ๆ

ตารางที่ 4.19 คະแนนเฉลี่ยการยอมรับทางด้านลักษณะปรากฏของเฮลลิจากแป้งกะบูก  
ที่ระดับปริมาณแซนแทน กัม ต่าง ๆ

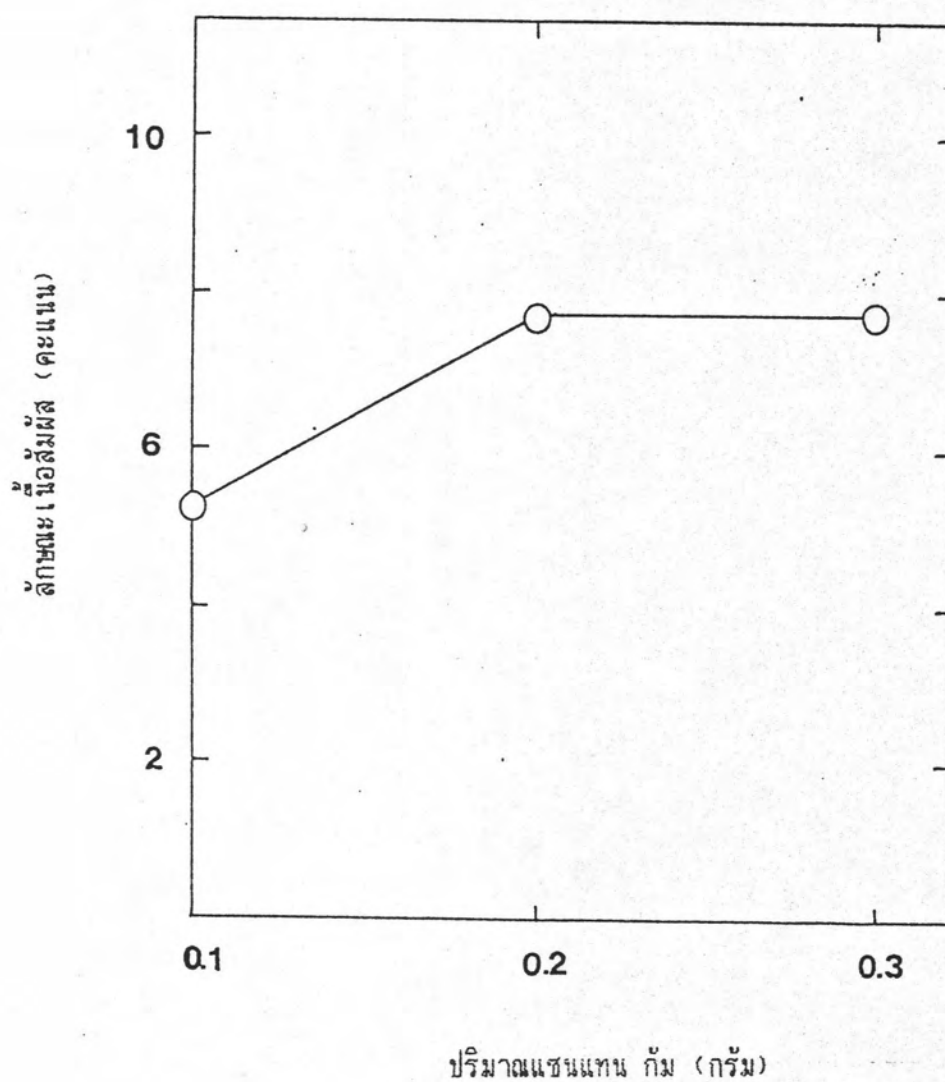
ปริมาณแซนแทน กัม (กรัม)	ลักษณะปรากฏ (คະแนน)
0.1	3.533 <sup>c</sup>
0.2	8.333 <sup>b</sup>
0.3	9.133 <sup>a</sup>

a, b, c, ... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวเดียวกัน  
แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

ข. ลักษณะเนื้อสัมผัส

การทดสอบการยอมรับทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสให้ผลดังรูปที่ 4.15 และตาราง

ที่ 4.20



รูปที่ 4.15 คะแนนการยอมรับทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของเฮลลิจากแป้งกะบูก  
ที่ระดับปริมาณแซนแทน กัม ต่าง ๆ

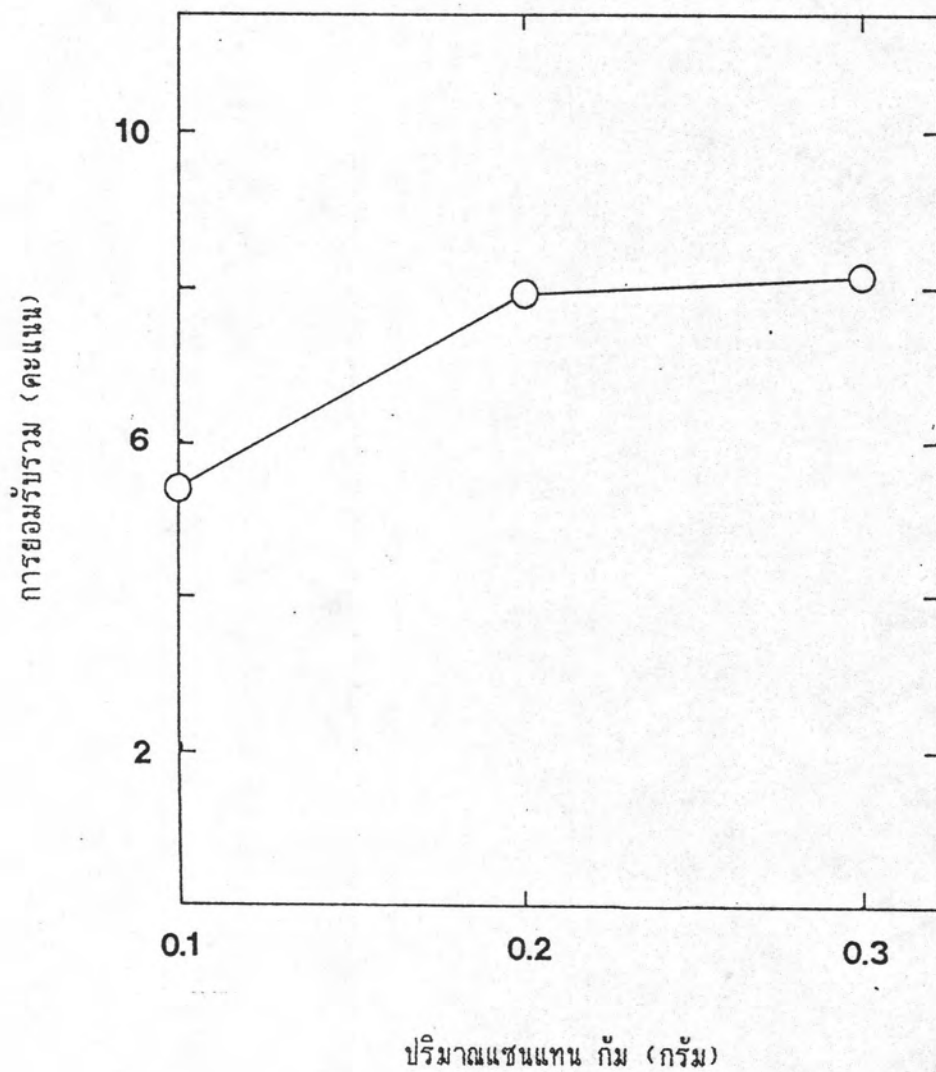
ตารางที่ 4.20 คยแนนเจลีการยอมรับทางคานลักษณะเนื้อสัฒฒของเฮลลิจากแบงกะบุก  
ที่ระดับปริมาณแซนแทน กัฒ ต่าง ๆ

ปริมาณแซนแทน กัฒ (กรัฒ)	ลักษณะเนื้อสัฒฒ (คยแนน)
0.1	5.250 <sup>b</sup>
0.2	7.792 <sup>a</sup>
0.3	7.750 <sup>a</sup>

a, b, ... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวเดีวยกัน  
แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

ค. การยอมรับรวม

การทดสอบการยอมรับรวมในด้านลักษณะปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัส และกลิ่นรส ให้ผลดังรูปที่ 4.16 และตารางที่ 4.21



รูปที่ 4.16 คะแนนการยอมรับรวมของเฮลลิจากแป้งกะบูกที่ระดับปริมาณแซนแทน กัม ต่าง ๆ



ตารางที่ 4.21 คะแนนเฉลี่ยการยอมรับรวมของเฮลลิจากแป้งกะบึกที่ระดับ ปริมาณแซนแทน กัม ต่าง ๆ

ปริมาณแซนแทน กัม (กรัม)	การยอมรับรวม (คะแนน)
0.1	5.408 <sup>b</sup>
0.2	7.941 <sup>a</sup>
0.3	8.183 <sup>a</sup>

a, b, ... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวเดียวกัน  
แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

จากการวางแผนและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติแบบ Asymmetric Factorial Experiment โดยทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ Scoring test พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างแป้งกะบึก และแซนแทน กัม ที่ 0.5:0.2 จะได้เฮลลิจที่มีลักษณะปรากฏ, เนื้อสัมผัส และกลิ่นรส เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และผ่านเกณฑ์มาตรฐานเจลาตินผงสำเร็จรูป มอก.802-2531

ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัสของเฮลลิจจากแป้งกะบึก วัดโดยเครื่อง Texturometer ได้ผลดังตารางที่ 4.22 และรูปที่ 4.17 ส่วนข้อเปรียบเทียบระหว่างเฮลลิจจากเจลาติน และเฮลลิจจากแป้งกะบึกแสดงในตารางที่ 4.23

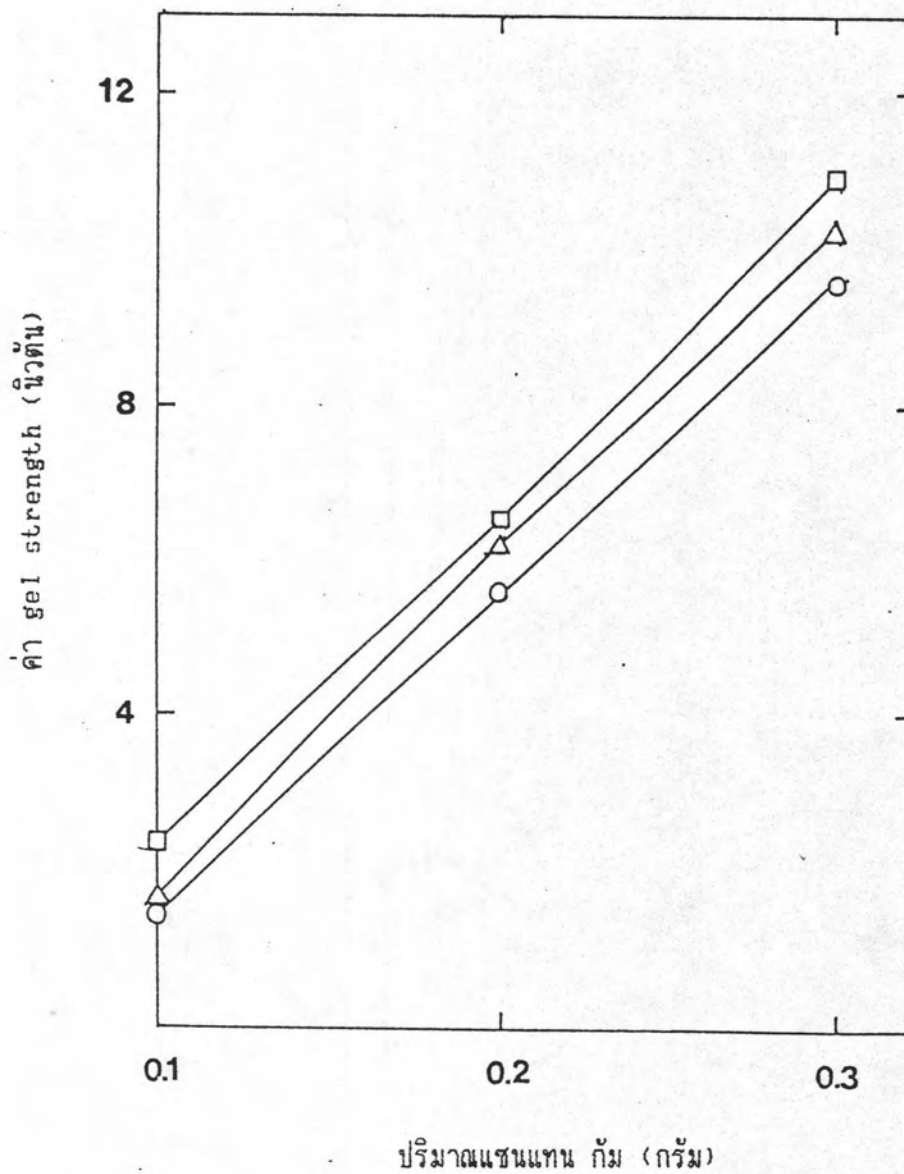
ตารางที่ 4.22 ค่าเฉลี่ย gel strength (นิวตัน) ของเฮลลีจากแป้งกะบูกที่ระดับอัตราส่วนระหว่างแป้งกะบูก และแซนแทน กัม ต่าง ๆ

ค่าเฉลี่ย gel strength ( N ) ของเฮลลีจากแป้งกะบูก		ปริมาณแป้งกะบูก (กรัม)		
		0.5	0.6	0.7
ปริมาณ แซนแทน กัม (กรัม)	0.1	1.44	1.62	2.40
	0.2	5.62	6.26	6.54
	0.3	9.62	10.26	10.96

ตารางที่ 4.23 ข้อเปรียบเทียบระหว่างเฮลลีจากเจลาติน (commercial) และเฮลลีจากแป้งกะบูก

การเปรียบเทียบ	เฮลลีจากเจลาติน	เฮลลีจากแป้งกะบูก
1. การขึ้นรูป	ไม่ขึ้นรูปที่อุณหภูมิห้อง แต่ขึ้นรูปที่อุณหภูมิต่ำ (8-10 องศาเซลเซียส)	ขึ้นรูปที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส)
2. ลักษณะปรากฏ (ที่ 8-10 องศาเซลเซียส)	คงรูป มีความหยุ่น ไม่เฝื่อนน้ำ	คงรูป มีความหยุ่น ไม่เฝื่อนน้ำ
3. ลักษณะปรากฏ (ที่อุณหภูมิห้อง)	เริ่มเฝื่อนน้ำเมื่อเวลาผ่านไป 10-15 นาที และเฝื่อนเป็นน้ำ เมื่อเวลา 30 นาที	คงรูป มีความหยุ่น ไม่เฝื่อนน้ำ





รูปที่ 4.17 ค่าเฉลี่ย gel strength ของเฮลลิจากแฉะกษบुकที่ระดับอัตราส่วนระหว่างแฉะกษบुक และแชนแทน กัมต่าง ๆ

- ปริมาณแฉะกษบुक 0.5 กรัม
- △—△ ปริมาณแฉะกษบुक 0.6 กรัม
- ปริมาณแฉะกษบुक 0.7 กรัม