บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 องค์ประกอบของวัตถุดิบ

เตรียมแป้งจากถั่วเหลืองพันธุ์ ส.จ. 5 ทั้ง 2 ฤดูเพาะปลูกโดยบดถั่วเหลืองทั้งเมล็ดด้วยเครื่องบดชนิด pin mill แล้ววิเคราะห์องค์ประกอบ ผลการวิเคราะห์มีดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบของถั่วเหลืองพันธุ์ ส.จ.5 จากสถานีทดลองปลูกพืชไร่จังหวัดพะเยา

องค์ประกอบ[a]	ค่าเฉลี่ย (ร้อยละ)± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
ฤดูเพาะปลูก	เมษายน–พฤษภาคม	กรกฎาคม–สิงหาคม
ความชื้น	9.35 ± 0.18	9.22 ± 0.12
โปรตีน	47.23 ± 0.26	47.17 ± 0.25
ไขมัน	26.47 ± 0.72	26.18 ± 0.68
เถ้า	5.01 ± 0.04	5.05 ± 0.06
เส้นใย	4.36 ± 0.13	4.31 ± 0.13
คาร์โบไฮเดรท	16.94 ± 0.79	17.28 ± 0.77

a เฉพาะความชื้นคำนวณเป็น wet basis องค์ประกอบอื่นทั้งหมดคำนวณเป็น dry basis

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนองค์ประกอบของถั่วเหลืองพันธุ์ ส.จ.5

SOV	d.f	MS					
		ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	เส้นใย	คาร์โบไฮเดรท
Treatment (ฤดูเพาะปลูก)	1	0.041	0.007	0.207	0.005	0.005	0.289
Error	8	0.024	0.065	0.492	0.003	0.017	0.610

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ CRD ของแต่ละองค์ประกอบถั่วเหลือง จาก 2 ฤดูเพาะปลูก พบว่าความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.2 สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนจากวัตถุดิบ

สกัดโปรตีนจากถั่วเหลืองพันธุ์ ส.จ.5ทั้งเมล็ด ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดได้แก่ pH ของสารสกัด เวลาสกัด และอัตราส่วนถั่วต่อสารสกัด

4.2.1 อิทธิพลของ pH

แปร pH ของสารสกัดจาก 7-12 โดยเพิ่มครั้งละ 1 หน่วย pH ใช้อัตราส่วนถั่วต่อสารสกัด 1:8 สกัดนาน 8 นาที ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้และผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงในตารางที่ 4.3-4.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 ผลของ pH ต่อปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ เมื่อใช้เวลาสกัด 8 นาทีและใช้อัตราส่วนถั่วต่อน้ำเป็น 1:8

pH	ค่าเฉลี่ยปริมาณโปรตีน(ร้อยละ) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
7	68.72 [a] ± 0.94
8	69.46 [a] ± 1.03
9	69.37 [a] ± 1.05
10	70.42 [a] ± 0.99
11	78.87 [b] ± 0.68
12	77.95 [b] ± 0.78

a,b... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณโปรตีนที่สกัดได้เมื่อแปร pH ของสารสกัด

SOV	d.f	MS
Treatment (pH)	5	64.777 *
Error	12	0.800

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวางแผนและวิเคราะห์ข้อมูลแบบ CRD พบว่าสารสกัดpH 11-12 ที่เวลาสกัด 8 นาที อัตราส่วนถั่วต่อสารสกัด 1:8 ให้ปริมาณโปรตีนสูงสุด จึงเลือก pH 11 ไว้ใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.2 อิทธิพลของเวลาในการสกัด

แปรเวลาสกัดเป็น 8,10,15 และ 20 นาที ใช้อัตราส่วนถั่วต่อสารสกัด (pH11) 1:8 ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้และผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงในตารางที่ 4.5-4.6

ตารางที่ 4.5 ผลของเวลาสกัดต่อปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ เมื่อใช้อัตราส่วนถั่วต่อสารสกัด 1 : 8 สารสกัด pH 11

เวลาสกัด (นาที)	ค่าเฉลี่ยปริมาณโปรตีน(ร้อยละ) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
8	78.22 ± 0.55
10	77.95 ± 1.04
15	78.10 ± 0.96
20	78.92 ± 1.94

ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณโปรตีนที่สกัดได้เมื่อแปรเวลาสกัด

SOV	df	MS
Treatment (เวลาสกัด)	3	0.737
Error	12	1.723

จากการวางแผนและวิเคราะห์ข้อมูลแบบ CRD พบว่าเวลาสกัด 8,10,15 และ 20 นาที ที่อัตราส่วนถั่วต่อสารสกัด 1:8 ให้ปริมาณโปรตีนไม่ต่างกัน ($p \leq 0.05$) จึงเลือก 8 นาที ไว้ใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

4.2.3 <u>อิทธิพลของอัตราส่วนระหว่างถั่วต่อสารสกัด</u>

แปรอัตราส่วนถั่วต่อสารสกัด(pH11) เป็น 1:8,1:10,1:12 และ 1:14 สกัดนาน 8 นาที ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้และผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงในตารางที่ 4.7-4.8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 ผลของอัตราส่วนระหว่างถั่วต่อสารสกัดต่อปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ เมื่อใช้สารสกัด pH 11 สกัดนาน 8 นาที

อัตราส่วนถั่วต่อสารสกัด	ค่าเฉลี่ยปริมาณโปรตีน(ร้อยละ) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1 : 8	79.30 ± 0.77
1 : 10	81.88 ± 2.01
1 : 12	81.75 ± 2.39
1 : 14	81.60 ± 2.23

ตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ เมื่อแปรอัตราส่วนถั่วต่อสารสกัด

SOV	d.f	MS
Treatment (อัตราส่วนถั่วต่อสารสกัด)	3	6.008
Error	12	3.828

จากการวางแผนและวิเคราะห์ข้อมูลแบบ CRD พบว่าอัตราส่วนถั่วต่อสารสกัด 1:8, 1:10, 1:12 และ 1:14 ให้ปริมาณโปรตีนไม่ต่างกัน ($p \leq 0.05$) จึงเลือกอัตราส่วนถั่วต่อสารสกัด 1 : 8 ไว้ใช้ในการทดลองขั้นต่อไป และสภาวะเหมาะสมสำหรับการสกัดที่สรุปได้คือ ใช้สารสกัด pH11 อัตราส่วนถั่วต่อสารสกัด 1:8 เวลาสกัด 8 นาที

4.3. สภาวะที่เหมาะสมในการแปลงเนื้อสัมผัสโปรตีนถั่วเหลืองโดยวิธีแช่แข็ง

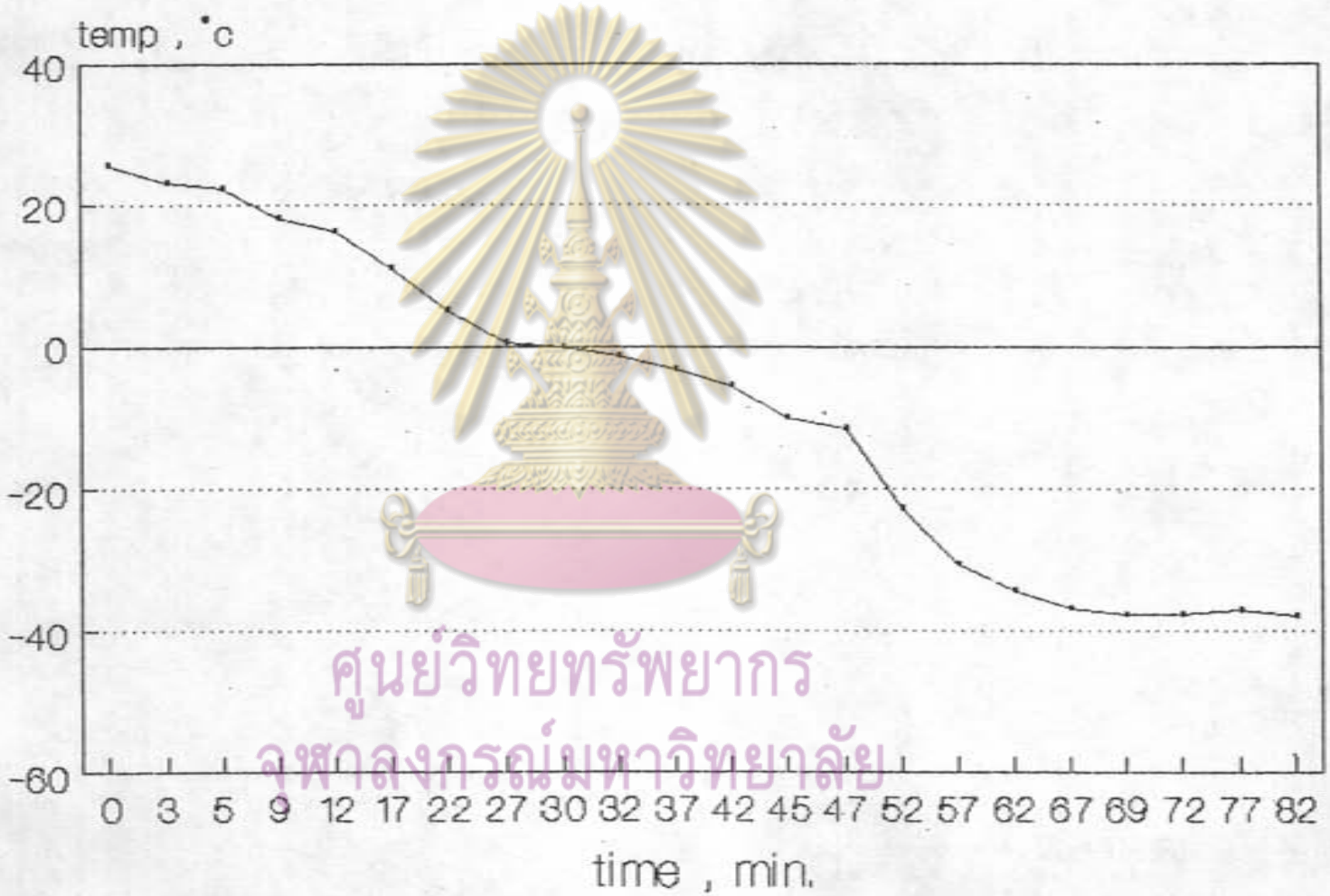
จากสภาวะสกัดที่เหมาะสมซึ่งสรุปได้จากข้อ 4.2 สกัดโปรตีนจากถั่วเหลือง นำโปรตีน slurry ที่ได้มาศึกษาสภาวะและวิธีแช่แข็งที่เหมาะสม โดยแปรปริมาณของแข็งทั้งหมดเป็นร้อยละ 10, 15 และ 20 แช่แข็งด้วยวิธี plate และวิธีใช้คาร์บอนไดออกไซด์แข็ง ขณะแช่แข็งวัดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและเวลาในผลิตภัณฑ์แช่แข็ง ดังรูปที่ 4.1-4.6 เมื่อแช่แข็งผลิตภัณฑ์จนได้อุณหภูมิสุดท้ายตามต้องการแล้วกำจัดผลึกน้ำแข็งโดยแทนที่ด้วย 95% ethyl alcohol และวิธี freeze drying ผลของปริมาณของแข็งทั้งหมดในโปรตีน slurry วิธีแช่แข็ง และวิธีกำจัดผลึกน้ำแข็งต่อโครงสร้างเส้นใยโปรตีนซึ่งบันทึกด้วย scanning electron microscope

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่า shear strength และคะแนนคุณภาพเนื้อสัมผัสของโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัส แสดงในรูปที่ 4.7-4.19 และตารางที่ 4.10-4.15 ตามลำดับ

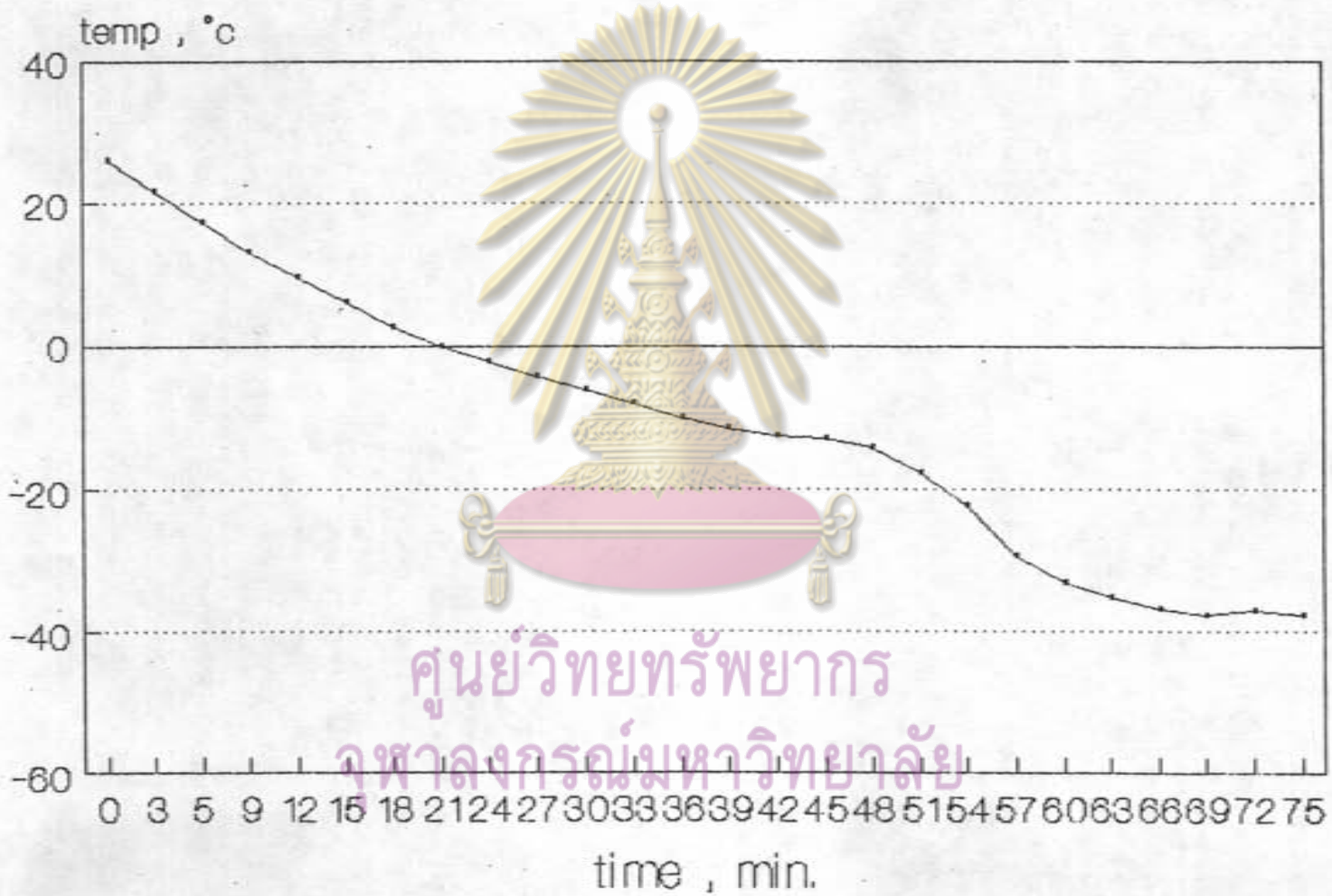
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 10302013.



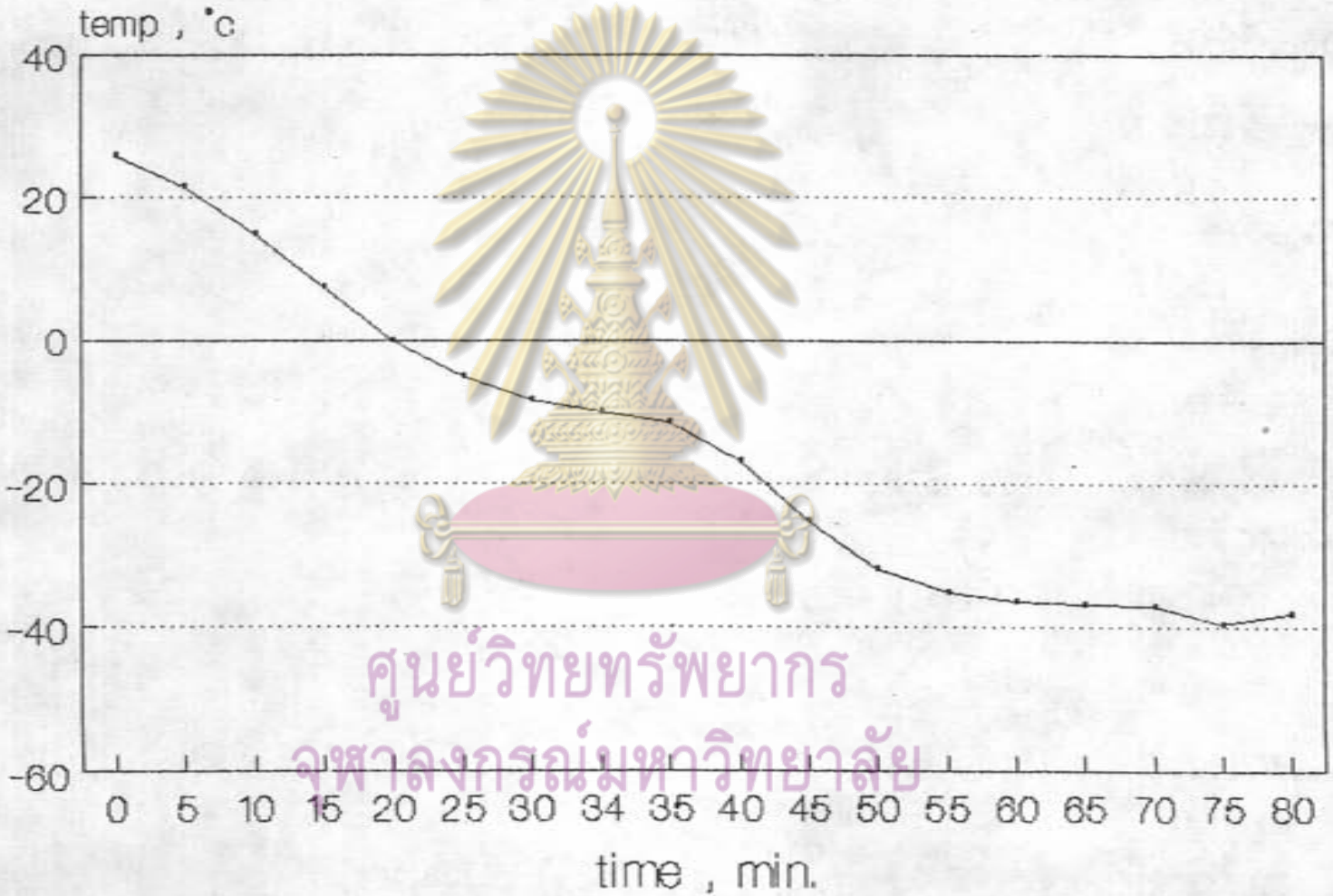
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโปรตีน slurry ที่มีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 10 เมื่อเวลาในการแช่แข็งแบบ plate เพิ่มขึ้น



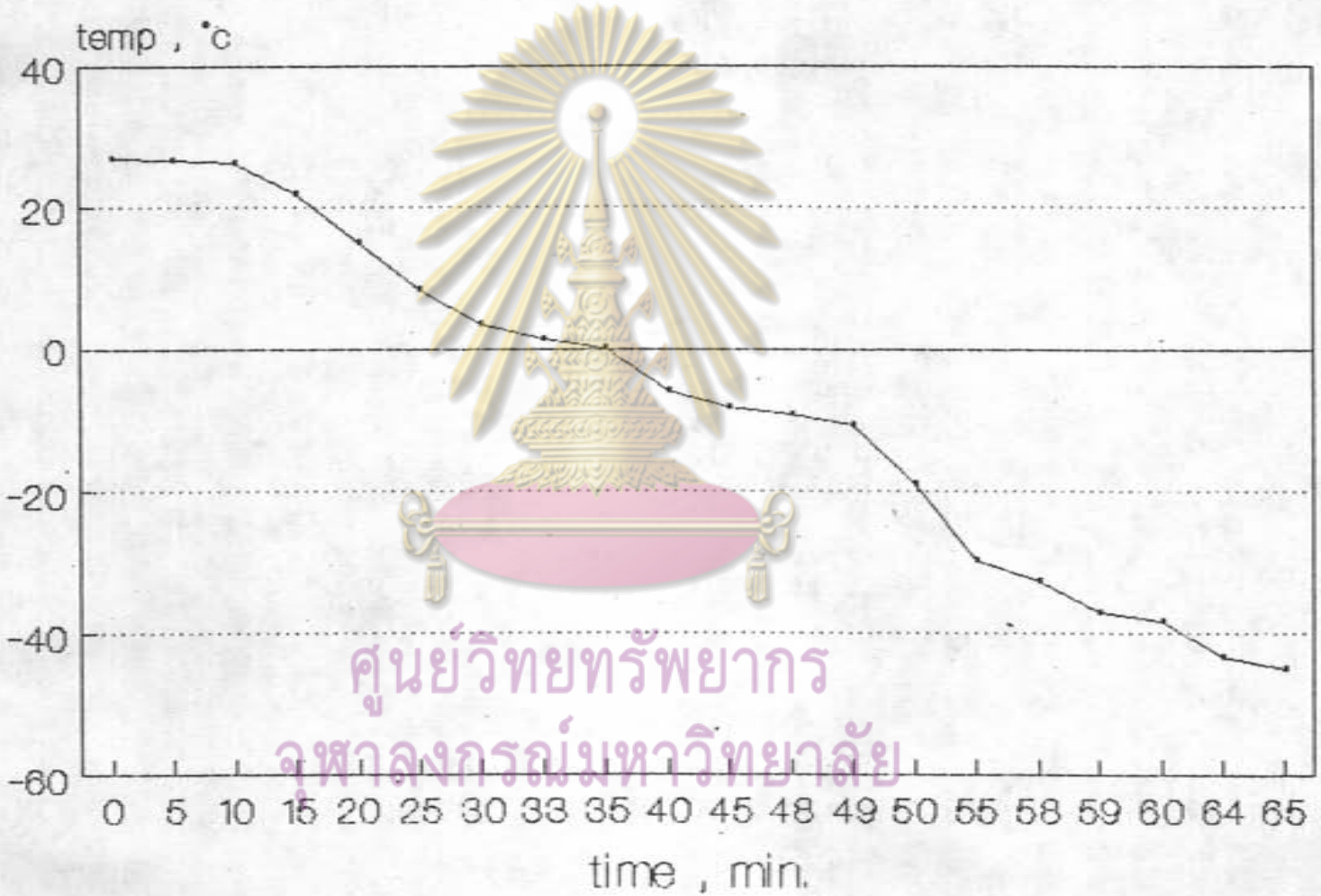
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโปรตีน slurry ที่มีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 15 เมื่อเวลาในการแช่แข็งแบบ plate เพิ่มขึ้น



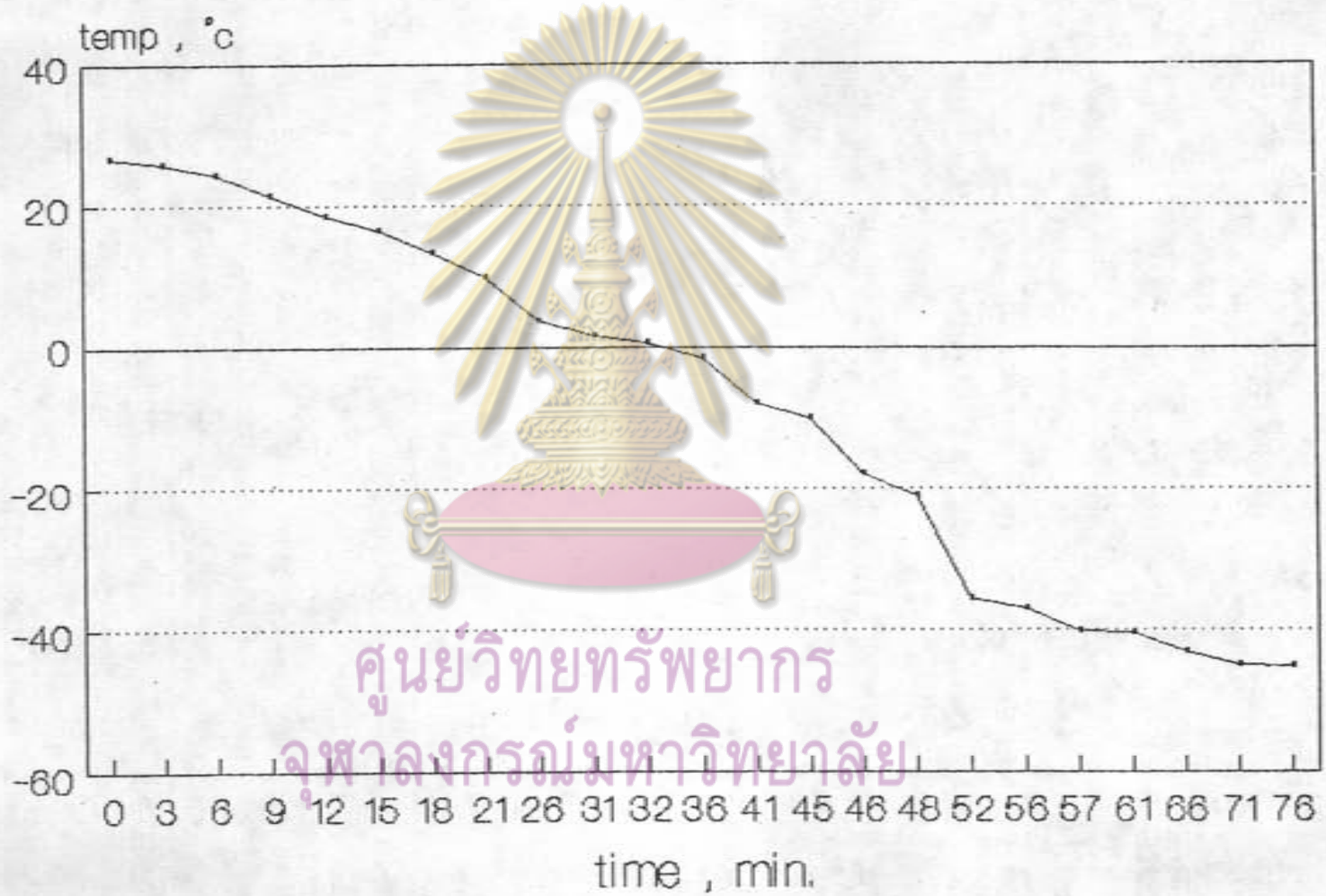
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโปรตีน slurry ที่มีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 20 เมื่อเวลาในการแช่แข็งแบบ plate เพิ่มขึ้น



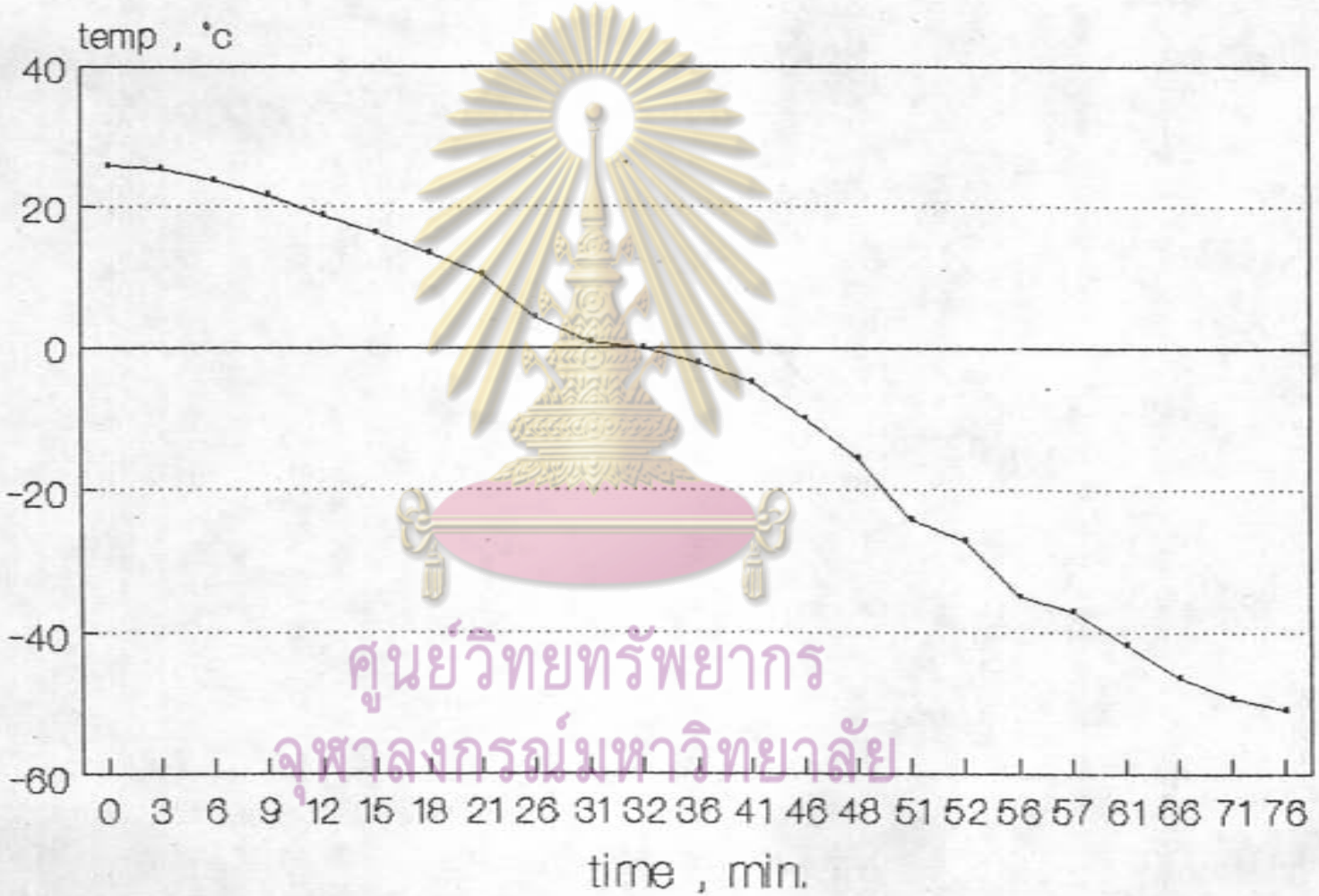
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโปรตีน slurry ที่มีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 10 เมื่อเวลาในการแช่แข็งแบบใช้คาร์บอนไดออกไซด์แข็งเพิ่มขึ้น



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโปรตีน slurry ที่มีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 15 เมื่อเวลาในการแช่แข็งแบบใช้คาร์บอนไดออกไซด์แข็งเริ่มขึ้น



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโปรตีน slurry ที่มีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 20 เมื่อเวลาในการแช่แข็งแบบใช้คาร์บอนไดออกไซด์แข็งเพิ่มขึ้น

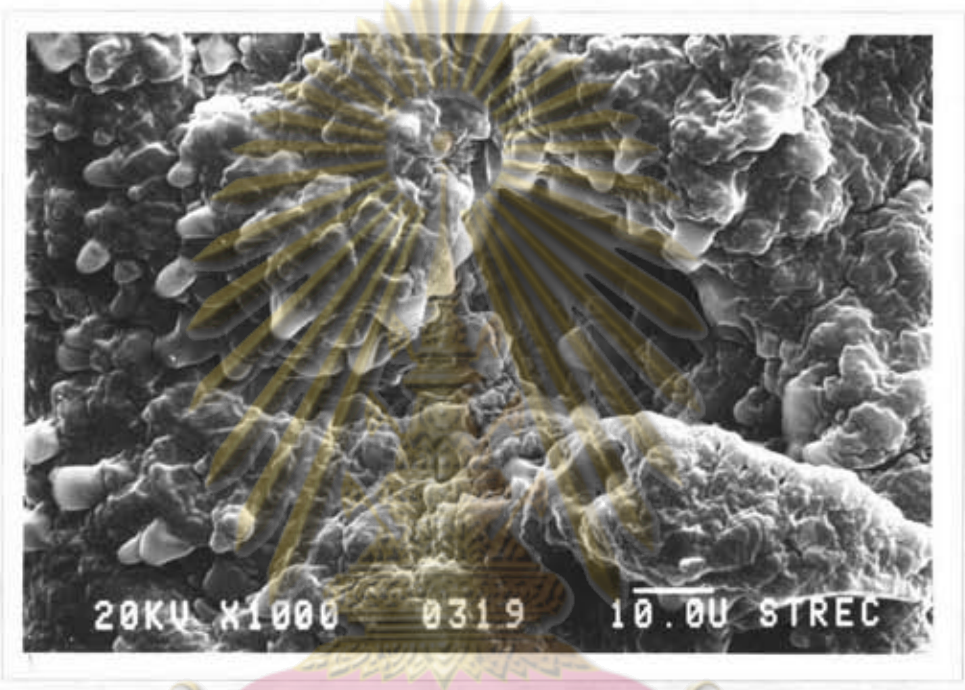
จากรูปที่ 4.1-4.6 สรุปเวลาในการแช่แข็งแต่ละวิธีดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 เวลาในการแช่แข็งโปรตีน slurry ที่สภาวะต่างๆ

ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)	วิธีแช่แข็ง	เวลาแช่แข็งเฉลี่ย (นาที)[a] ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
10	แบบ plate	67.0 ± 1.0
	แบบใช้คาร์บอนไดออกไซด์แข็ง	59.0 ± 1.5
15	แบบ plate	66.0 ± 2.0
	แบบใช้คาร์บอนไดออกไซด์แข็ง	56.0 ± 1.5
20	แบบ plate	60.0 ± 2.0
	แบบใช้คาร์บอนไดออกไซด์แข็ง	57.0 ± 1.0

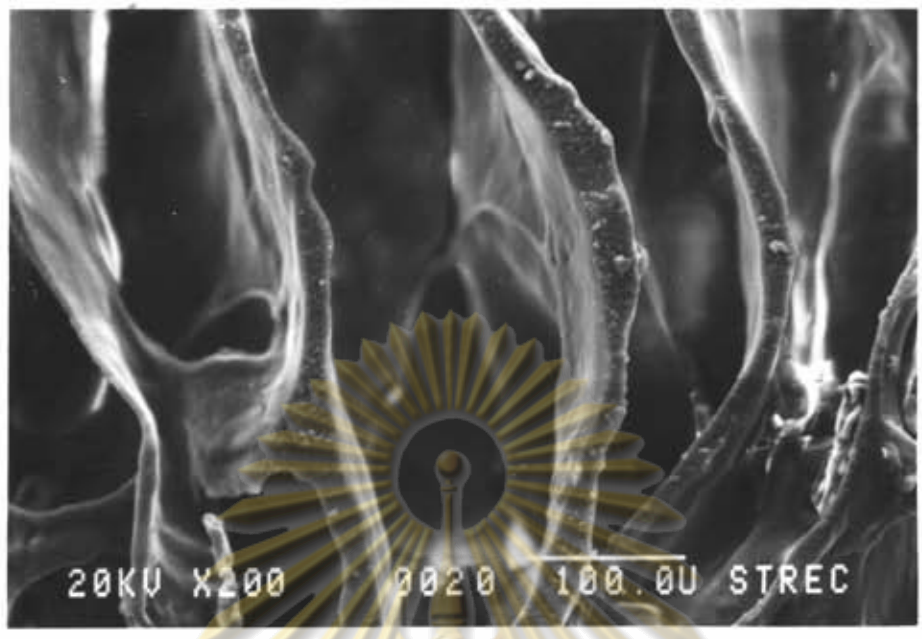
a ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

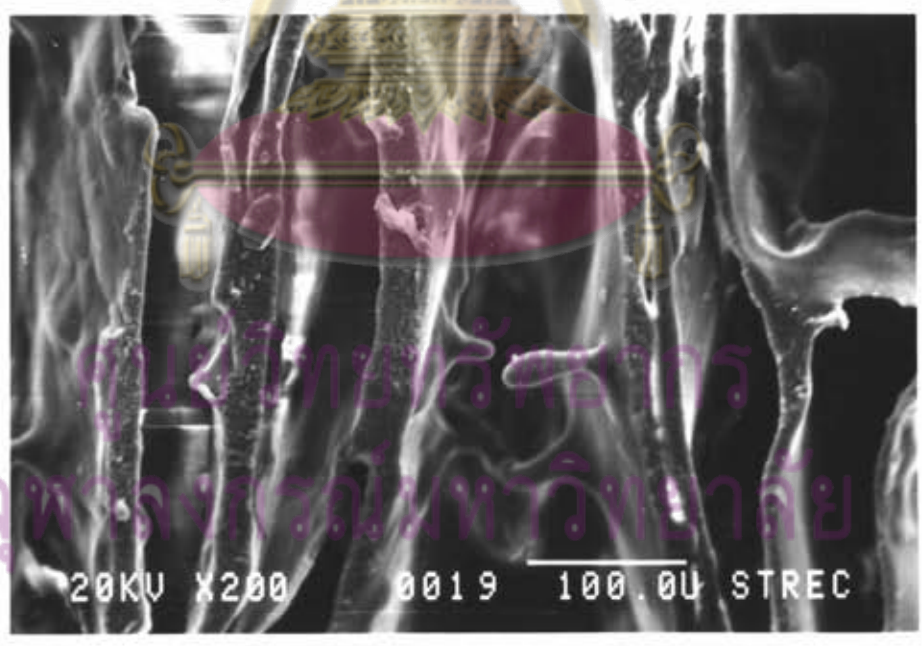


รูปที่ 4.7 โครงสร้างตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองที่สกัดด้วยด่างและตกตะกอนด้วยกรด
(บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

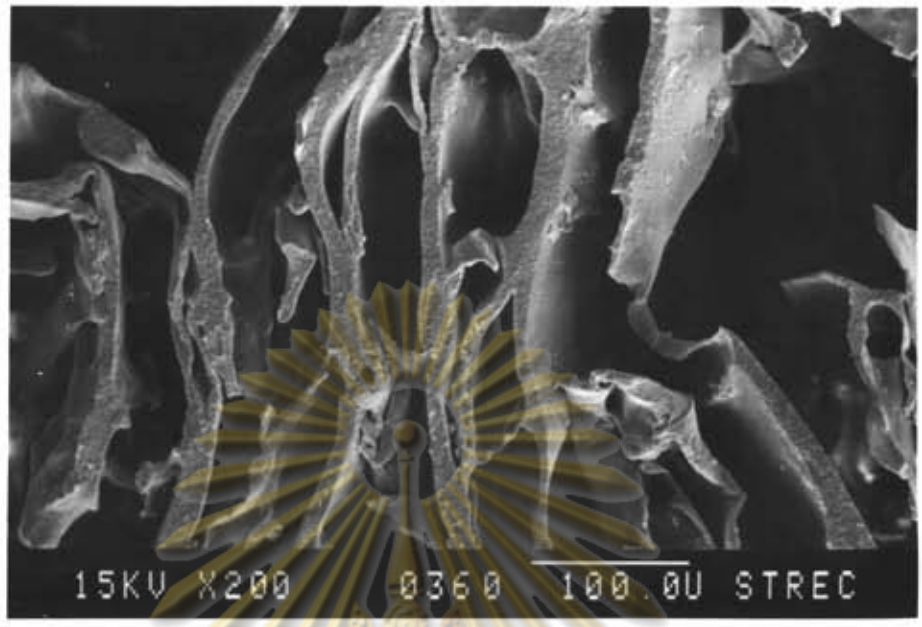


รูปที่ 4.8 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ซึ่งมีซองแข็งทั้งหมดร้อยละ 10 แช่แข็งแบบ plate และกำจัดผลึกน้ำแข็งโดยแทนที่ด้วย 95 % ethyl alcohol (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)

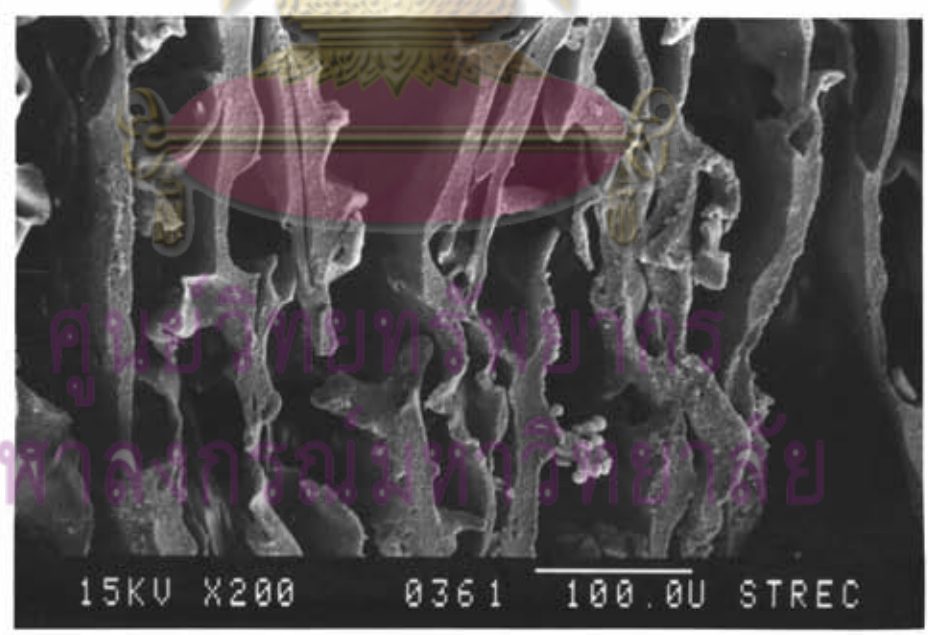


รูปที่ 4.9 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ซึ่งมีซองแข็งทั้งหมดร้อยละ 10 แช่แข็งแบบใช้คาร์บอนไดออกไซด์แข็ง และกำจัดผลึกน้ำแข็งโดยแทนที่ด้วย 95 % ethyl alcohol (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

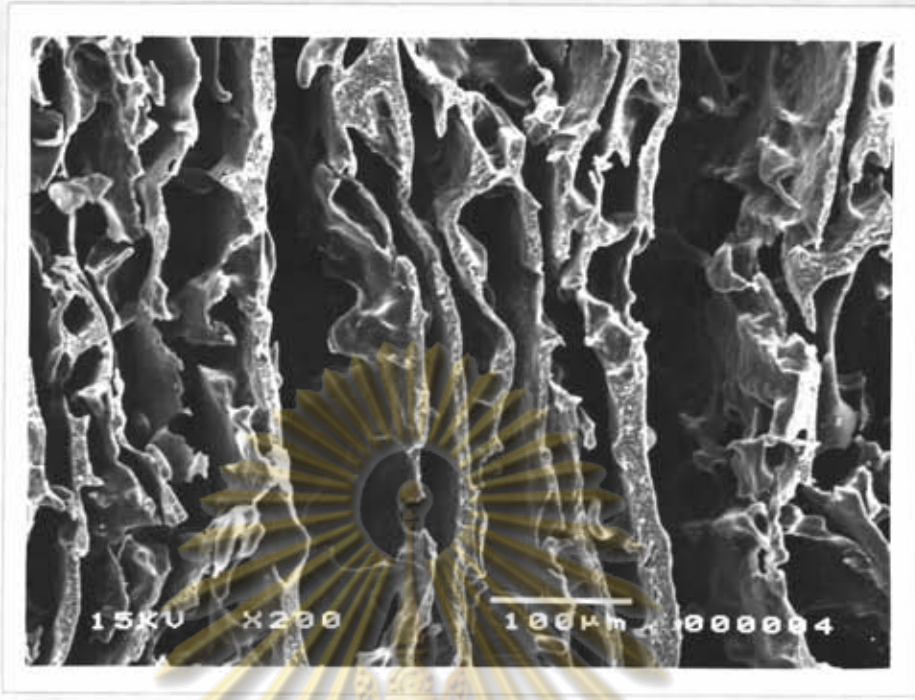


รูปที่ 4.10 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ซึ่งมีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 15 แช่แข็งแบบ plate และกำจัดผลึกน้ำแข็งโดยแทนที่ด้วย 95% ethyl alcohol (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)

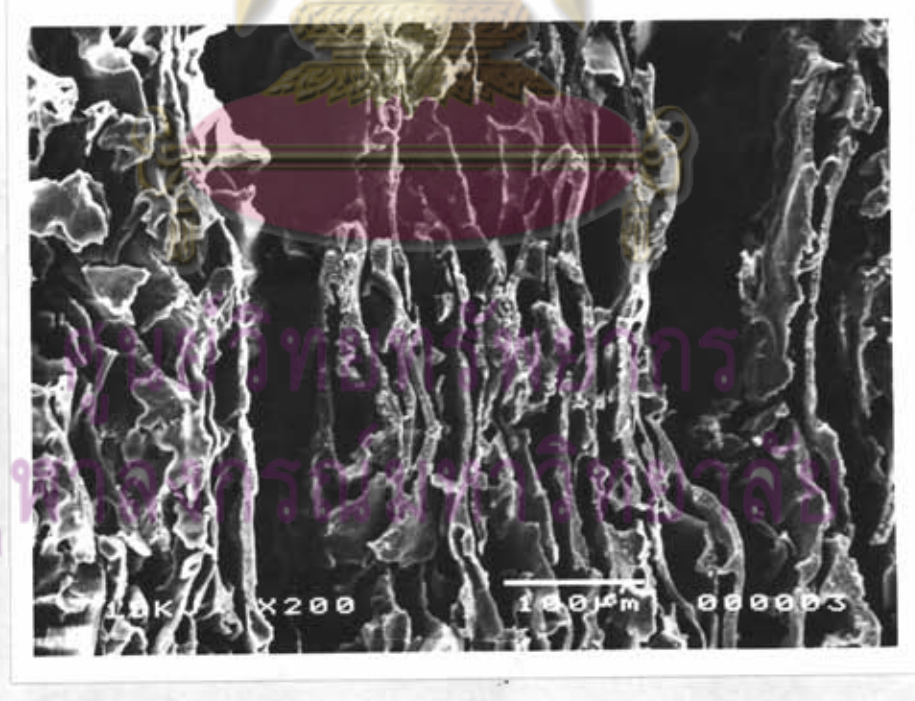


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

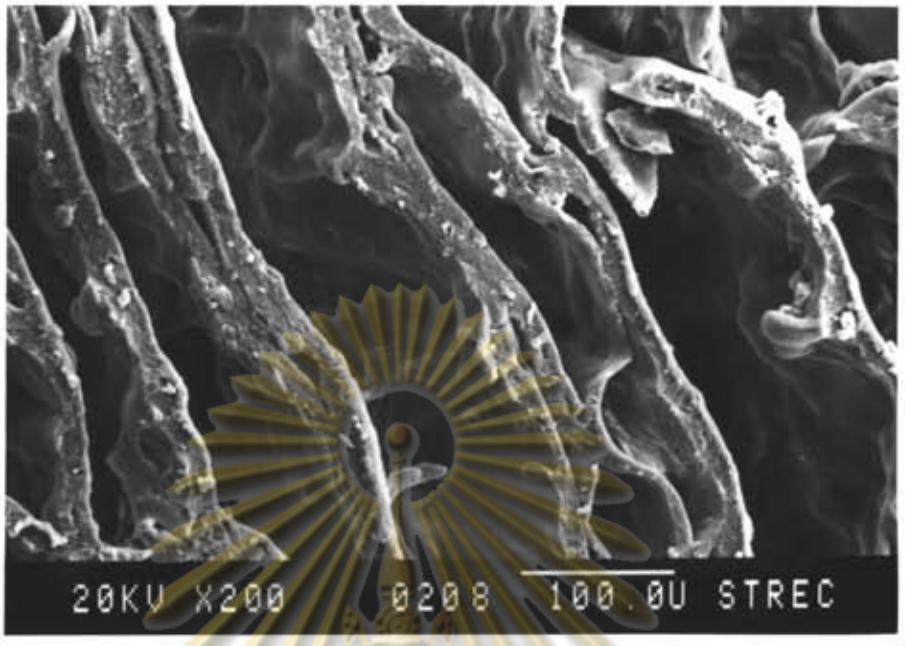
รูปที่ 4.11 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ซึ่งมีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 15 แช่แข็งแบบใช้คาร์บอนไดออกไซด์แข็ง และกำจัดผลึกน้ำแข็งโดยแทนที่ด้วย 95 % ethyl alcohol (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)



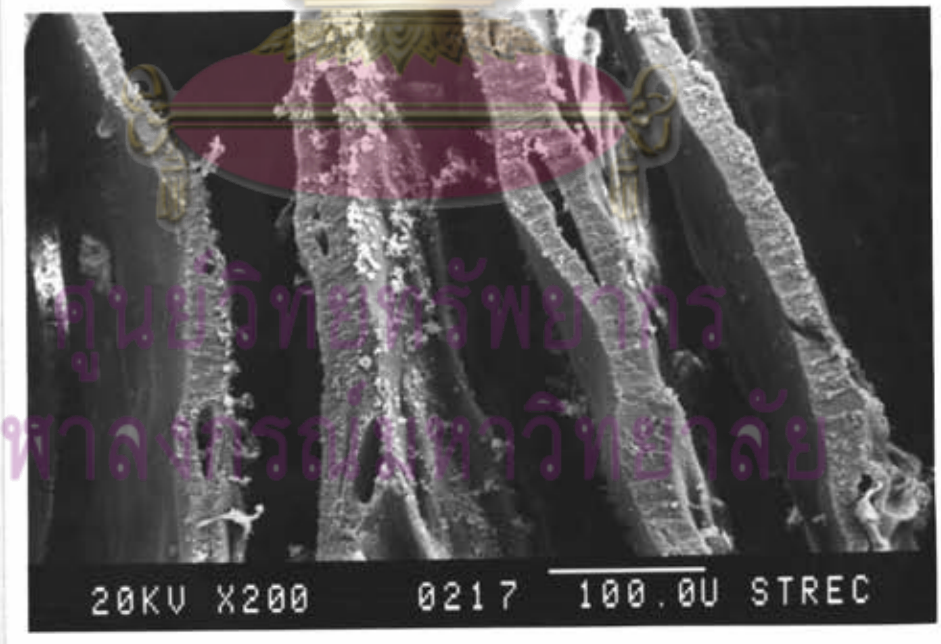
รูปที่ 4.12 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ซึ่งมีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 20 แช่แข็งแบบ plate และกำจัดผลึกน้ำแข็งโดยแทนที่ด้วย 95 % ethyl alcohol (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)



รูปที่ 4.13 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ซึ่งมีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 20 แช่แข็งแบบใช้คาร์บอนไดออกไซด์แข็งและกำจัดผลึกน้ำแข็งโดยแทนที่ด้วย 95 % ethyl alcohol (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)

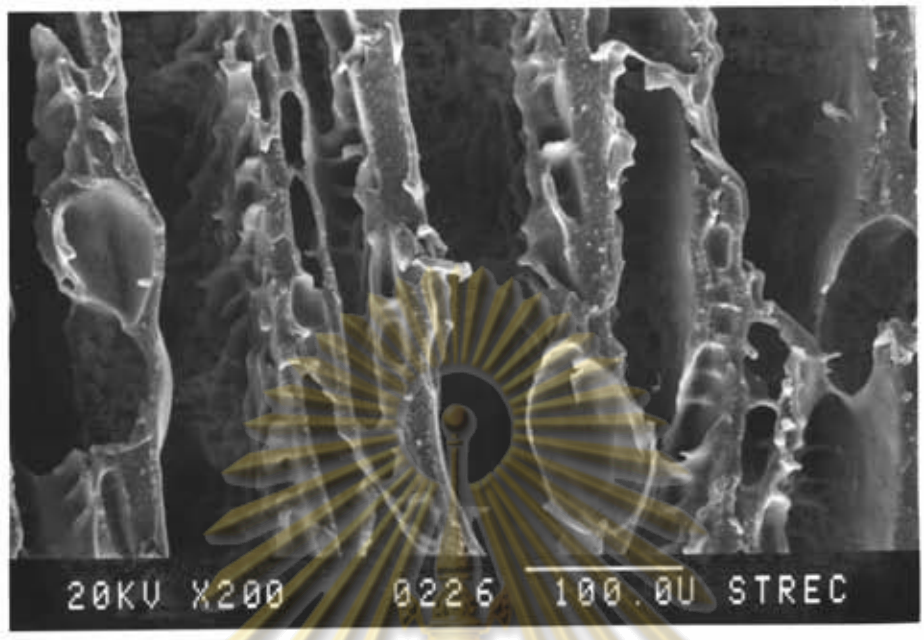


รูปที่ 4.14 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ที่มีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 10 แช่แข็งแบบ plate และกำจัดผลึกน้ำแข็งด้วยวิธี freeze drying (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)

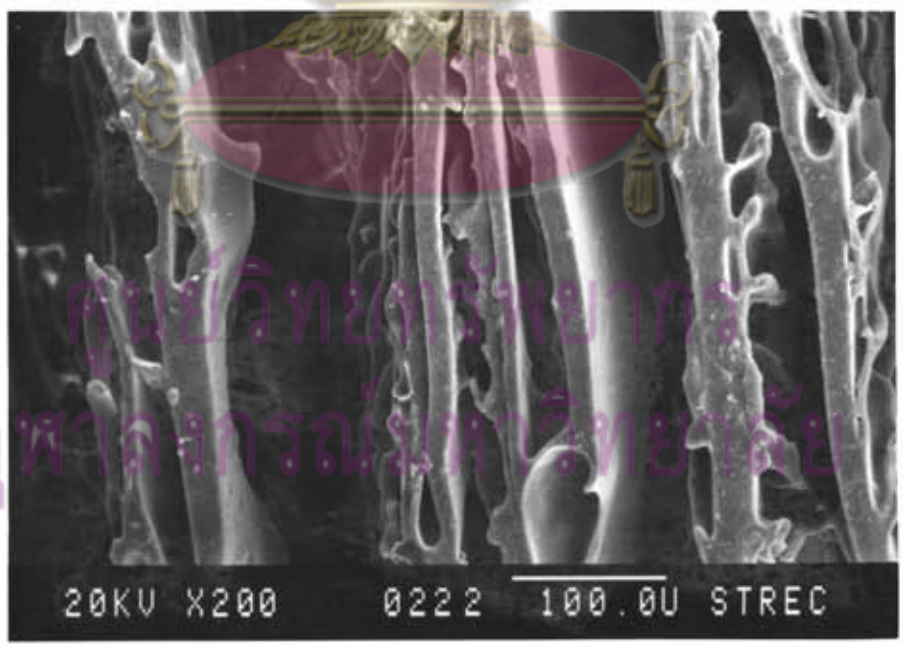


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.15 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ที่มีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 10 แช่แข็งแบบคาร์บอนไดออกไซด์แข็งและกำจัดผลึกน้ำแข็งด้วยวิธี freeze drying (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)

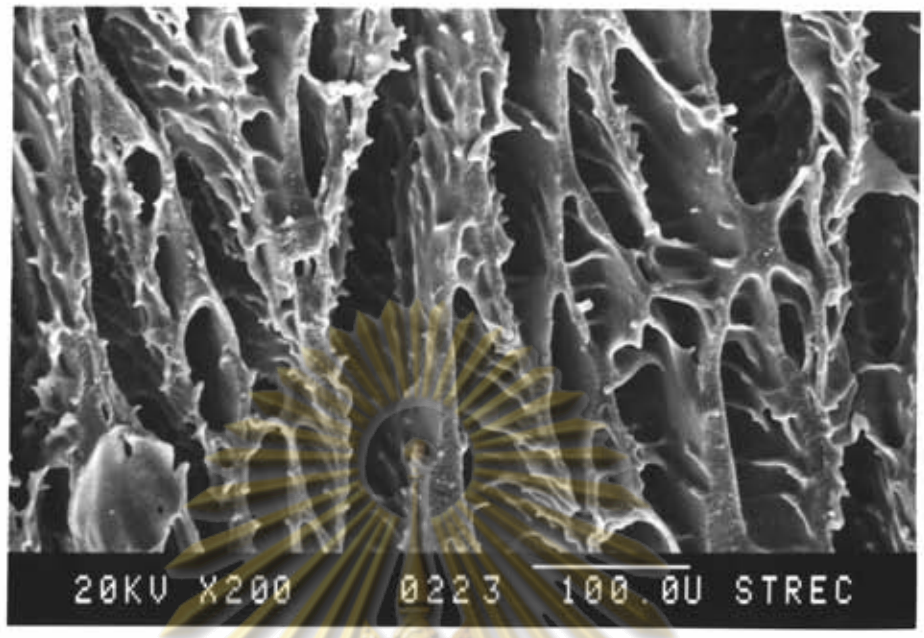


รูปที่ 4.16 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ที่มีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 15 แช่แข็งแบบ plate และกำจัดผลึกน้ำแข็งด้วยวิธี freeze drying (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)

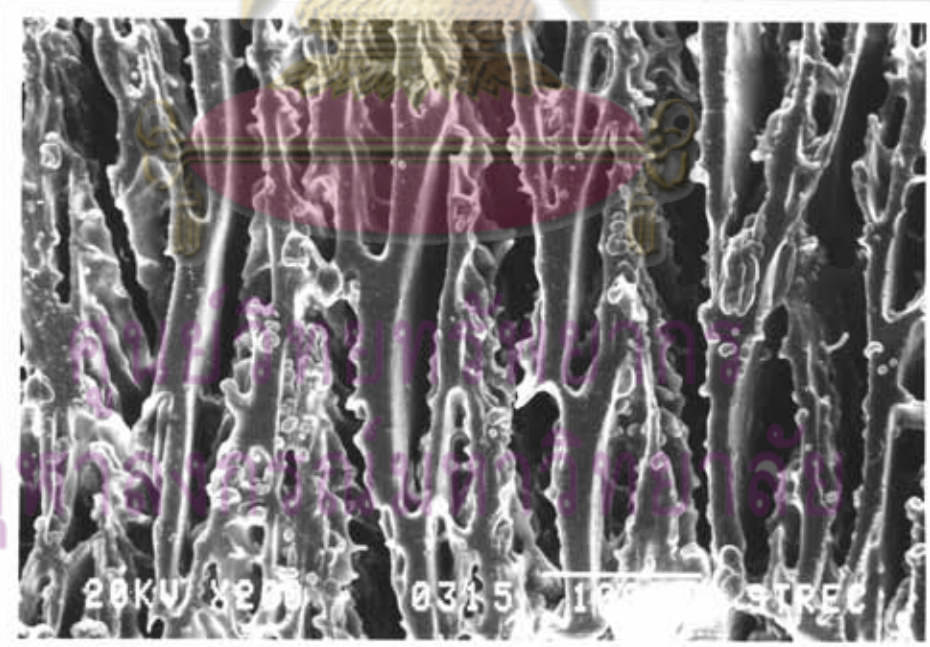


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.17 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ที่มีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 15 แช่แข็งแบบคาร์บอนไดออกไซด์แข็ง และกำจัดผลึกน้ำแข็งด้วยวิธี freeze drying (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)



รูปที่ 4.18 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ที่มีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 20 แช่แข็งแบบ plate และกำจัดผลึกน้ำแข็งด้วยวิธี freeze drying (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)



รูปที่ 4.19 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ที่มีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 20 แช่แข็งแบบคาร์บอนไดออกไซด์แข็งและกำจัดผลึกน้ำแข็งด้วยวิธี freeze drying (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)

ตารางที่ 4.10 ผลของปริมาณของแข็งทั้งหมด วิธีแช่แข็งและวิธีกำจัดผลึกน้ำแข็งต่อค่า shear strength ของโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัส

ปริมาณของแข็งทั้งหมด(ร้อยละ)	วิธีแช่แข็ง	วิธีกำจัดผลึกน้ำแข็ง	ค่า shear strength(N) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
10	แบบ plate	95 % ethyl alcohol	$18.1^{a} \pm 1.3$
		freeze drying	$18.9^{a} \pm 1.7$
	แบบใช้คาร์บอนไดออกไซด์แข็ง	95 % ethyl alcohol	$17.5^{ab} \pm 1.7$
		freeze drying	$18.7^{a} \pm 2.1$
15	แบบ plate	95 % ethyl alcohol	$14.9^{abc} \pm 0.7$
		freeze drying	$15.4^{abc} \pm 1.4$
	แบบใช้คาร์บอนไดออกไซด์แข็ง	95 % ethyl alcohol	$15.2^{abc} \pm 1.4$
		freeze drying	$15.2^{abc} \pm 1.2$
20	แบบ plate	95 % ethyl alcohol	$12.8^{bc} \pm 1.0$
		freeze drying	$12.9^{bc} \pm 0.9$
	แบบใช้คาร์บอนไดออกไซด์แข็ง	95 % ethyl alcohol	$11.8^{c} \pm 1.8$
		freeze drying	$12.7^{bc} \pm 1.1$

a,b,c...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า shear strength ของโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสที่สภาวะต่าง ๆ

SOV	d.f	MS
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (A)	2	66.292*
วิธีแช่แข็ง (B)	1	0.603
วิธีกำจัดผลึกน้ำแข็ง (C)	1	2.042
AB	2	0.221
AC	1	0.291
BC	2	8.051×10^{-2}
ABC	2	0.222
Error	12	3.998

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.12 ผลของปริมาณของแข็งทั้งหมดต่อค่า shear strength ของโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัส

ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)	ค่า shear strength (N) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
10	$18.3^{a} \pm 1.9$
15	$15.2^{b} \pm 1.2$
20	$12.5^{c} \pm 1.3$

a,b,c..ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.13 ผลของปริมาณของแข็งทั้งหมด วิธีแช่แข็ง และวิธีกำจัดผลึกน้ำแข็งต่อคะแนนเนื้อสัมผัสของโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัส

ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)	วิธีแช่แข็ง	วิธีกำจัดผลึกน้ำแข็ง	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
10	แบบ plate	95 % ethyl alcohol	$6.65^{ab} \pm 1.12$
		freeze drying	$6.82^{a} \pm 1.25$
	แบบใช้คาร์บอนไดออกไซด์แข็ง	95 % ethyl alcohol	$6.54^{ab} + 1.63$
		freeze drying	$6.90^{a} \pm 1.44$
15	แบบ plate	95 % ethyl alcohol	$5.63^{bc} \pm 1.36$
		freeze drying	$5.63^{bc} \pm 1.56$
	แบบใช้คาร์บอนไดออกไซด์แข็ง	95 % ethyl alcohol	$4.72^{c} \pm 1.10$
		freeze drying	$4.63^{c} \pm 1.02$
20	แบบ plate	95 % ethyl alcohol	$3.36^{d} \pm 0.67$
		freeze drying	$3.27^{de} \pm 1.00$
	แบบใช้คาร์บอนไดออกไซด์แข็ง	95 % ethyl alcohol	$2.18^{e} \pm 0.40$
		freeze drying	$2.27^{e} \pm 0.78$

a,b,c,d,e..ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเนื้อสัมผัสของโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัส

SOV	d.f	M.S
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (A)	2	172.64*
วิธีแช่แข็ง (B)	1	14.67*
วิธีกำจัดผลึกน้ำแข็ง (C)	1	0.27
AB	2	4.23
AC	2	0.43
BC	1	3.05×10^{-2}
ABC	2	5.31×10^{-2}
Block	10	0.89
Error	110	1.41

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.15 ผลของปริมาณของแข็งทั้งหมด หรือวิธีแช่แข็งต่อคะแนนเนื้อสัมผัสของโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัส

สภาวะทดลอง	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ปริมาณของแข็งทั้งหมด(ร้อยละ)	
10	$6.70^{a} \pm 1.37$
15	$5.15^{b} \pm 1.36$
20	$2.77^{c} \pm 0.92$
วิธีแช่แข็ง	
แบบ plate	$5.22^{a} \pm 1.85$
แบบใช้คาร์บอนไดออกไซด์แข็ง	$4.54^{b} \pm 2.16$

a,b,c. ตัวเลขของแต่ละปัจจัยที่มีอักษรกำกับต่างกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

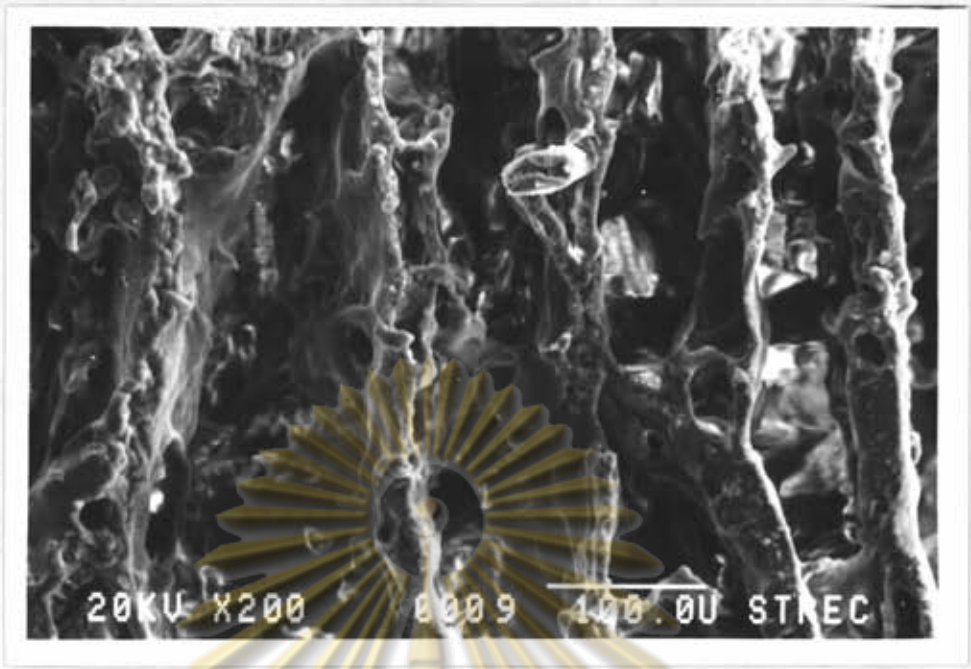
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับแปลงเนื้อสัมผัสโปรตีนถั่วเหลืองคือใช้โปรตีน slurry ที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 10 แช่แข็งแบบ plate และกำจัดผลึกน้ำแข็งโดยแทนที่ด้วย 95% ethyl alcohol

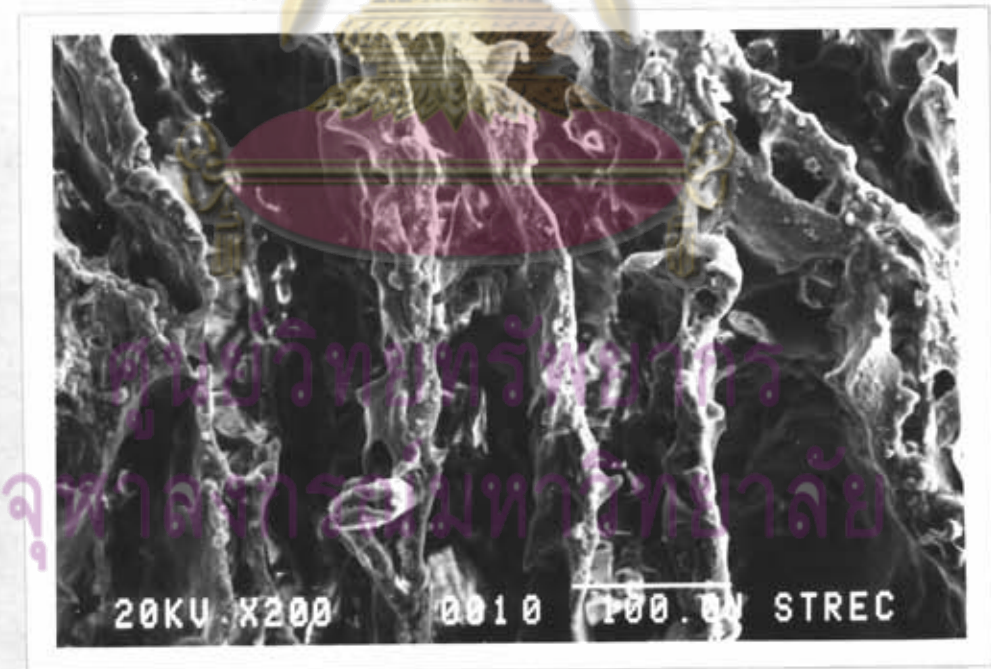
4.4 สภาวะที่เหมาะสมในการทำให้โครงสร้างเส้นใยโปรตีนอยู่ตัวด้วยความร้อน

จากสภาวะแปลงเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมซึ่งสรุปได้จากข้อ 4.3 ผลิตโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัส แล้วนำมาศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำให้โครงสร้างอยู่ตัวด้วยความร้อน โดยบรรจุโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสทั้งชิ้นในถุง PP ปิดผนึกด้วยความร้อนแล้วบรรจุถุงพร้อมผลิตภัณฑ์ในถุง PP อีก 2ชั้นปิดผนึก จากนั้นให้ความร้อนใน autoclave โดยแปรอุณหภูมิเป็น 105 ,110 และ 115 °C และเวลาในการให้ความร้อนเป็น 5,7.5 และ 10 นาที นำผลิตภัณฑ์ไปประเมินคุณภาพด้านโครงสร้างภายใต้ scanning electron microscope วัดค่า shear strength และทดสอบคุณภาพเนื้อสัมผัสเพื่อเป็นเกณฑ์เลือกสภาวะดีที่สุด ผลการทดลองมีดังแสดงในรูป 4.20-4.28 และตารางที่ 4.16-4.18 กับ 4.19-4.21 ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

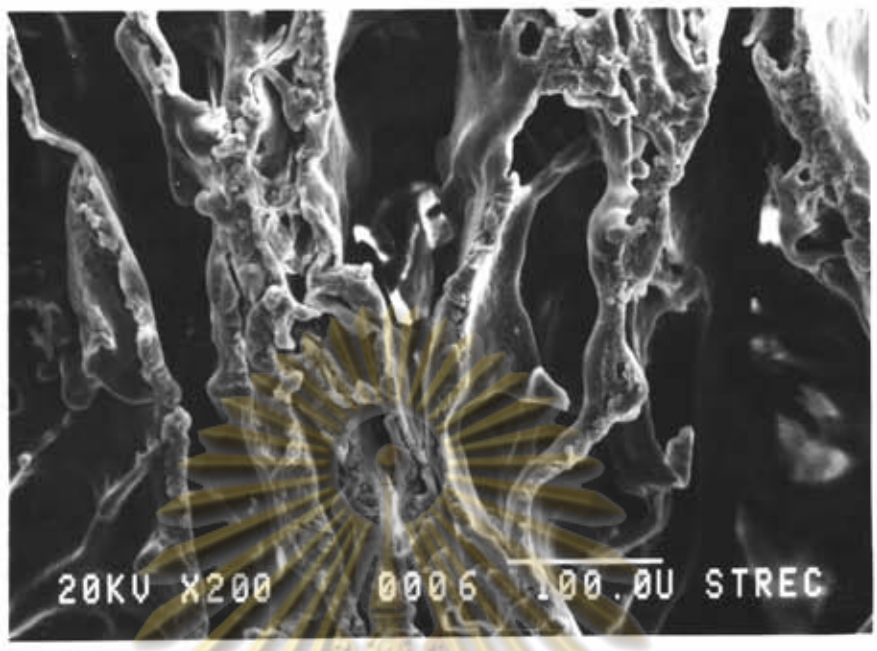


รูปที่ 4.20 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ซึ่งมีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 10 แช่แข็งแบบ plate และกำจัดผลึกน้ำแข็งโดยแทนที่ด้วย 95 % ethyl alcohol และผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 5 นาที (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)



รูปที่ 4.21 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ซึ่งมีของแข็งทั้งหมดร้อยละ10 แช่แข็งแบบ plate และกำจัดผลึกน้ำแข็งโดยแทนที่ด้วย 95 % ethyl alcohol และผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 7.5 นาที (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)

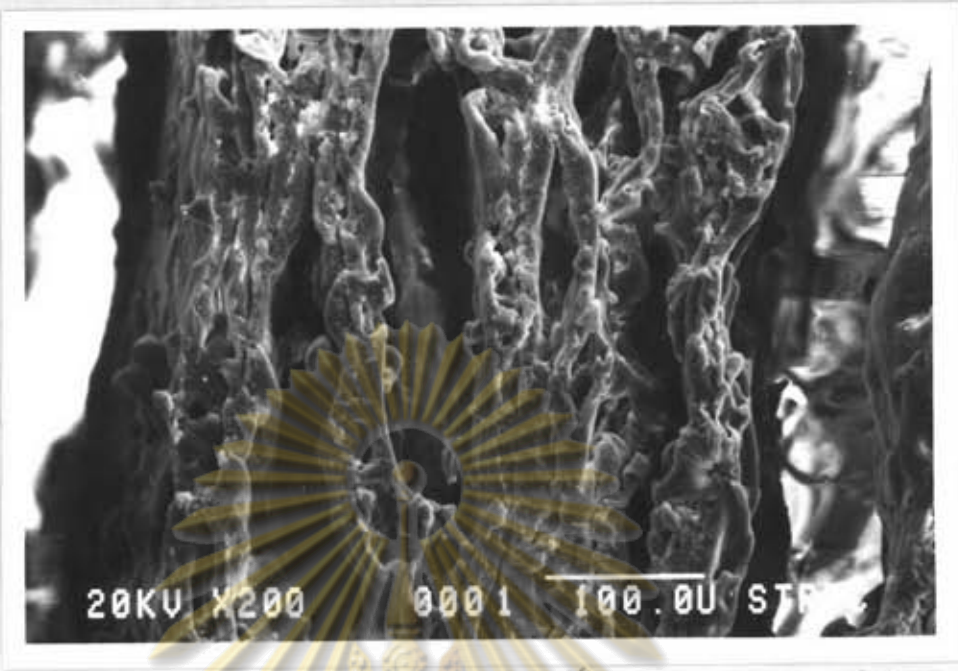
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



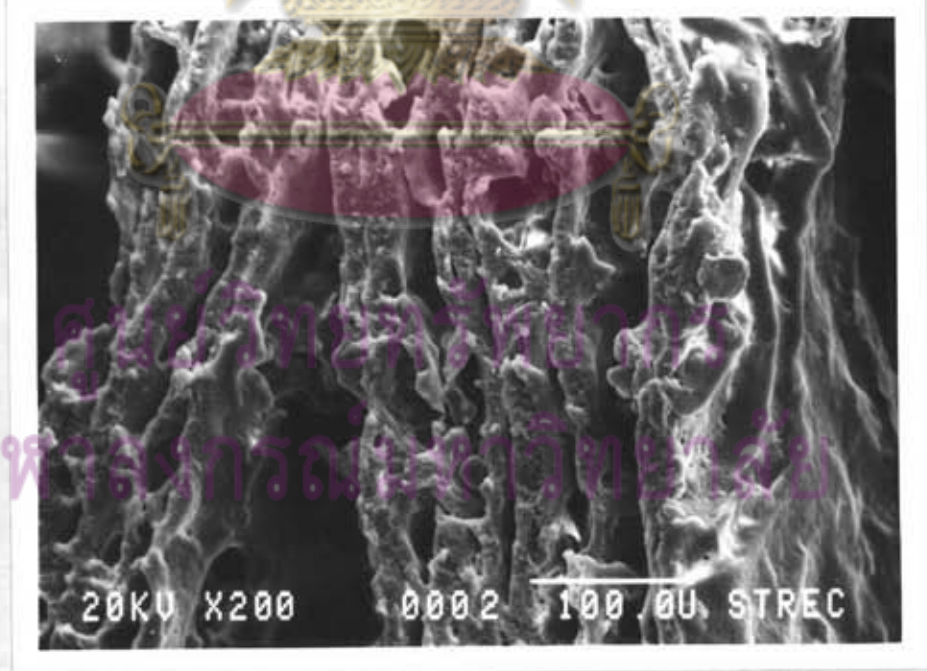
รูปที่ 4.22 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ซึ่งมีของแข็งทั้งหมดร้อยละ10 แช่แข็งแบบ plate และกำจัดผลึกน้ำแข็งโดยแทนที่ด้วย 95 % ethyl alcohol และผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 10 นาที (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)

รูปที่ 4.23 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ซึ่งมีของแข็งทั้งหมดร้อยละ10 แช่แข็งแบบ plate และกำจัดผลึกน้ำแข็งโดยแทนที่ด้วย 95 % ethyl alcohol และผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 110 °C เป็นเวลา 5 นาที (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

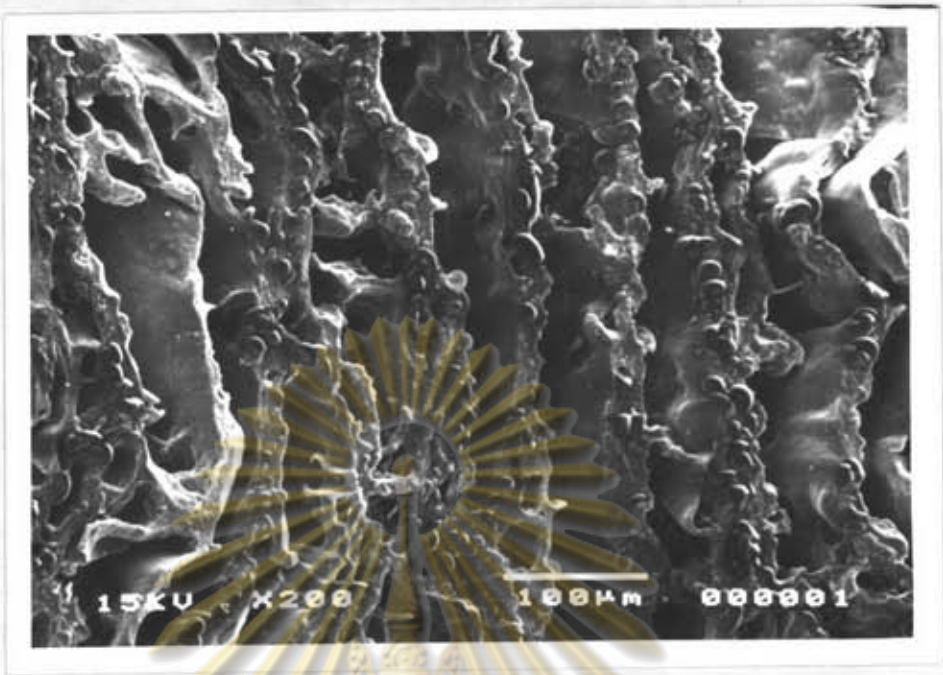


รูปที่ 4.24 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ซึ่งมีของแข็งทั้งหมดร้อยละ10 แช่แข็งแบบ plate และกำจัดผลึกน้ำแข็งโดยแทนที่ด้วย 95 % ethyl alcohol และผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 110 °C เป็นเวลา 7.5 นาที (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)

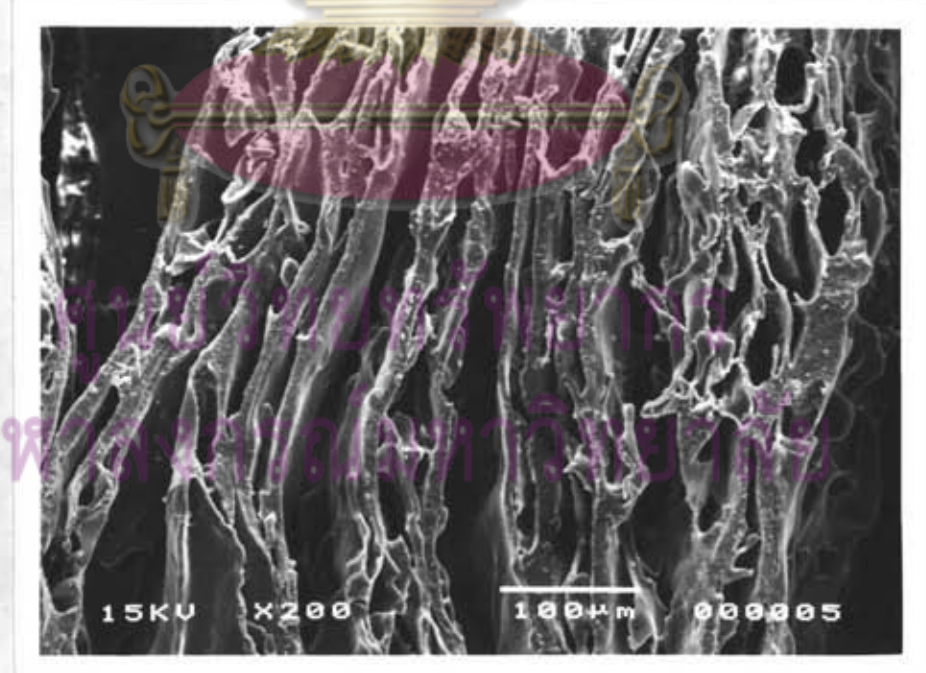


รูปที่ 4.25 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ซึ่งมีของแข็งทั้งหมดร้อยละ10 แช่แข็งแบบ plate และกำจัดผลึกน้ำแข็งโดยแทนที่ด้วย 95 % ethyl alcohol และผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 110 °C เป็นเวลา 10 นาที (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)

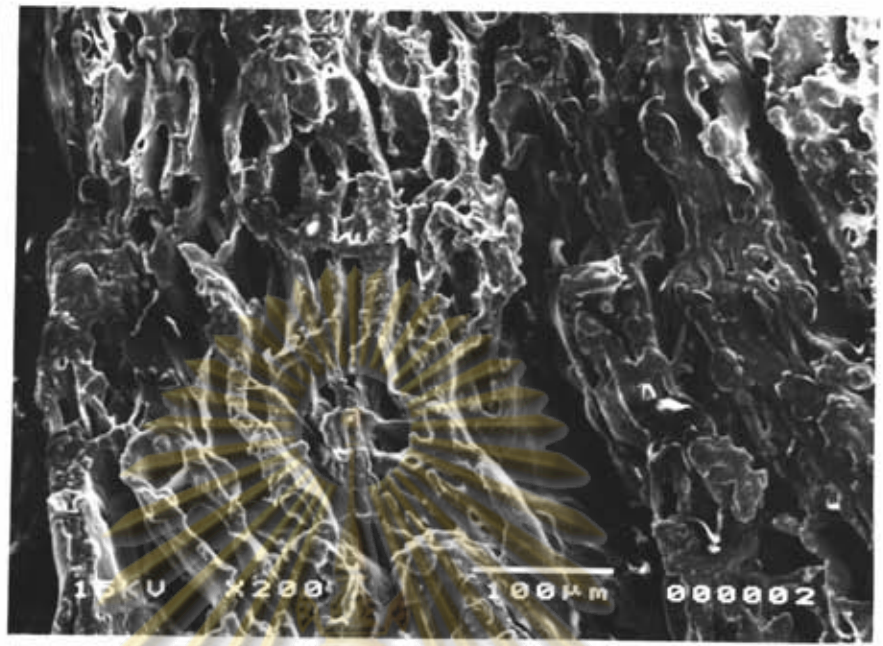
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.26 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ซึ่งมีของแข็งทั้งหมดร้อยละ10 แช่แข็งแบบ plate และกำจัดผลึกน้ำแข็งโดยแทนที่ด้วย 95 % ethyl alcohol และผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 115 °C เป็นเวลา 5 นาที (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)



รูปที่ 4.27 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ซึ่งมีของแข็งทั้งหมดร้อยละ10 แช่แข็งแบบ plate และกำจัดผลึกน้ำแข็งโดยแทนที่ด้วย 95 % ethyl alcohol และผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 115 °C เป็นเวลา 7.5 นาที (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)



รูปที่ 4.28 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ซึ่งมีของแข็งทั้งหมดร้อยละ10 แช่แข็งแบบ plate และกำจัดผลึกน้ำแข็งโดยแทนที่ด้วย 95 % ethyl alcohol และผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 115 °C เป็นเวลา 10 นาที (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.16 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนใน autoclave ต่อค่า shear strength ของโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัส

อุณหภูมิ (°C)	เวลา(นาที)	ค่า shear strength (N) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
105	5	$24.7^{c} \pm 1.1$
	7.5	$27.2^{c} \pm 1.6$
	10	$31.4^{bc} \pm 1.4$
110	5	$30.3^{bc} \pm 1.1$
	7.5	$32.8^{b} \pm 1.6$
	10	$36.4^{ab} \pm 1.6$
115	5	$35.0^{ab} \pm 1.8$
	7.5	$38.0^{a} \pm 1.8$
	10	$39.0^{a} \pm 1.6$

a,b,c,..ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า shear strength ของโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสที่ทำให้โครงสร้างอยู่ตัวด้วยความร้อน

SOV	d.f	M.S
อุณหภูมิ (A)	2	138.043*
เวลา (B)	2	47.076*
AB	4	1.662
Error	9	4.688

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.18 ผลของอุณหภูมิหรือเวลาในการให้ความร้อนใน autoclave ต่อค่า shear strength ของโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัส

สภาวะทดลอง	ค่า shear strength (N) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
อุณหภูมิ (°C)	
105	$27.7^{c} \pm 3.1$
110	$33.2^{b} \pm 2.9$
115	$37.3^{a} \pm 2.4$
เวลา (นาที)	
5	$30.0^{b} \pm 4.4$
7.5	$32.7^{a,b} \pm 4.7$
10	$35.6^{a} \pm 3.5$

a,b,c..ตัวเลขของแต่ละปัจจัยที่มีอักษรกำกับต่างกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.19 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนใน autoclave ต่อคะแนนเนื้อสัมผัสของโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัส

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (นาที)	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
105	5	$5.18^{d} \pm 0.60$
	7.5	$5.27^{d} \pm 0.64$
	10	$5.73^{cd} \pm 0.46$
110	5	$6.00^{bc} \pm 0.63$
	7.5	$6.36^{b} \pm 0.50$
	10	$6.45^{b} \pm 0.52$
115	5	$6.36^{b} \pm 1.02$
	7.5	$7.18^{a} \pm 0.60$
	10	$7.45^{a} \pm 0.68$

a,b,c,d..ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเนื้อสัมผัสของโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสที่ทำให้โครงสร้างอยู่ตัวด้วยความร้อน

SOV	d.f	M.S
อุณหภูมิ (A)	2	21.343*
เวลา (B)	2	4.070*
AB	4	0.525
Block	10	0.267
Error	80	0.444

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

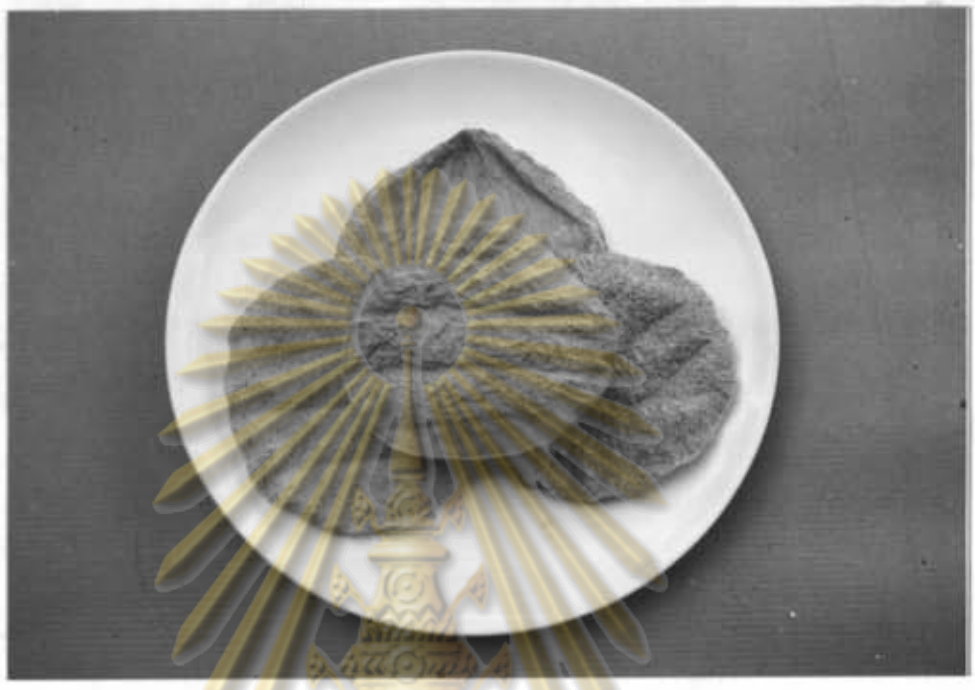
ตารางที่ 4.21 ผลของอุณหภูมิหรือเวลาในการให้ความร้อนใน autoclave ต่อคะแนนเนื้อสัมผัสของโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัส

สภาวะทดลอง	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
อุณหภูมิ (°C)	
105	$5.39^{c} \pm 0.62$
110	$6.27^{b} \pm 0.58$
115	$6.99^{a} \pm 0.91$
เวลา (นาที)	
5	$5.84^{b} \pm 0.92$
7.5	$6.27^{a} \pm 0.97$
10	$6.54^{a} \pm 0.90$

a,b,c...ตัวเลขของแต่ละปัจจัยที่มีอักษรกำกับต่างกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ดังนั้นสภาวะดีที่สุดสำหรับทำให้โครงสร้างเส้นใยอยู่ตัวด้วยความร้อนคือให้ความร้อนใน autoclave ที่ 115 °C เป็นเวลา 7.5 นาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.29 โปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ซึ่งมีของแข็งทั้งหมดร้อยละ10 แช่แข็งแบบ plate และกำจัดผลึกน้ำแข็งโดยแทนที่ด้วย 95 % ethyl alcohol และผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 115 °C เป็นเวลา 7.5 นาที เพื่อให้เกิดโครงสร้างที่อยู่ตัว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5 <u>องค์ประกอบและโครงสร้างของโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์จากกระบวนการ extrusion และเนื้อสัตว์</u>

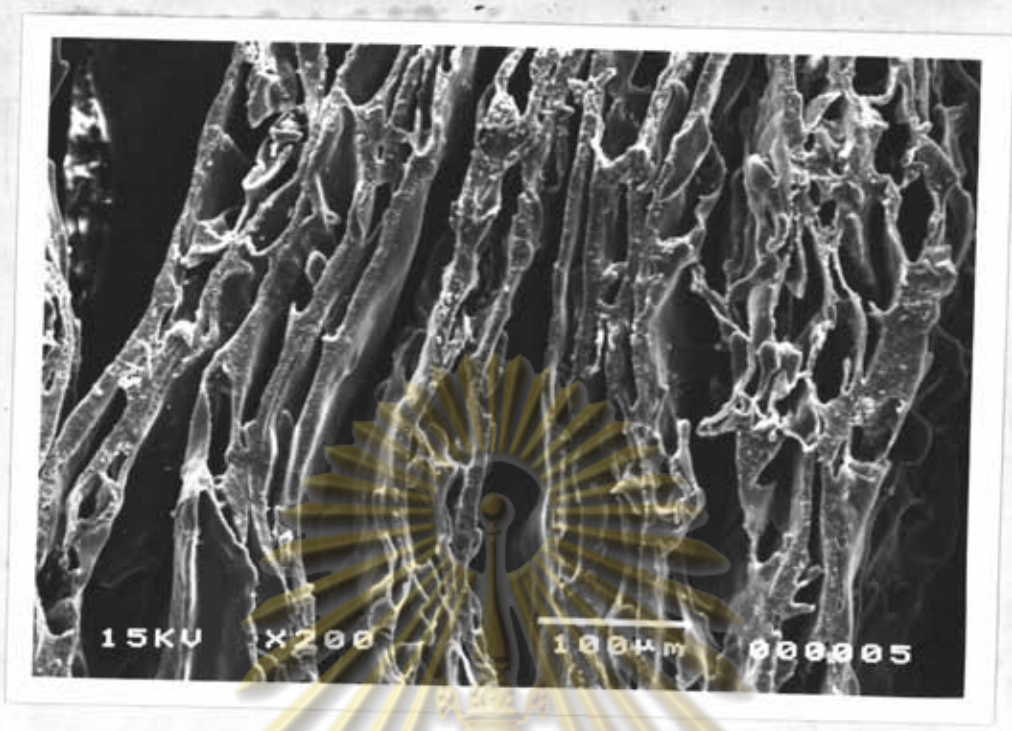
วิเคราะห์องค์ประกอบของโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งที่ทำให้โครงสร้างอยู่ตัวด้วยความร้อนตามสภาวะดีที่สุดที่สรุปได้จากข้อ 4.3 และ 4.4 เปรียบเทียบกับโปรตีนจากกระบวนการ extrusion (โปรตีนเกษตร) ผลการวิเคราะห์มีดังแสดงในตารางที่ 4.22 และศึกษาโครงสร้างของโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสจาก 2 กระบวนการผลิต กับโครงสร้างกล้ามเนื้อสุกร โค และไก่ ด้วยเครื่อง scanning electron microscope ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 4.30 ถึง 4.33

ตารางที่ 4.22 องค์ประกอบของโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งและโปรตีนจากกระบวนการ extrusion

องค์ประกอบ*	ค่าเฉลี่ย(ร้อยละ) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	โปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสจากกระบวนการแช่แข็ง	โปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสจากกระบวนการextrusion
ความชื้น	47.52 ± 2.36	7.36 ± 0.06
โปรตีน	62.31 ± 2.23	52.56 ± 1.95
ไขมัน	2.81 ± 0.10	0.85 ± 0.02
เถ้า	1.59 ± 0.17	7.63 ± 0.07
เส้นใย	1.19 ± 0.03	2.56 ± 0.22

* เฉพาะความชื้นคำนวณเป็น wet basis องค์ประกอบอื่นคำนวณเป็น dry basis

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

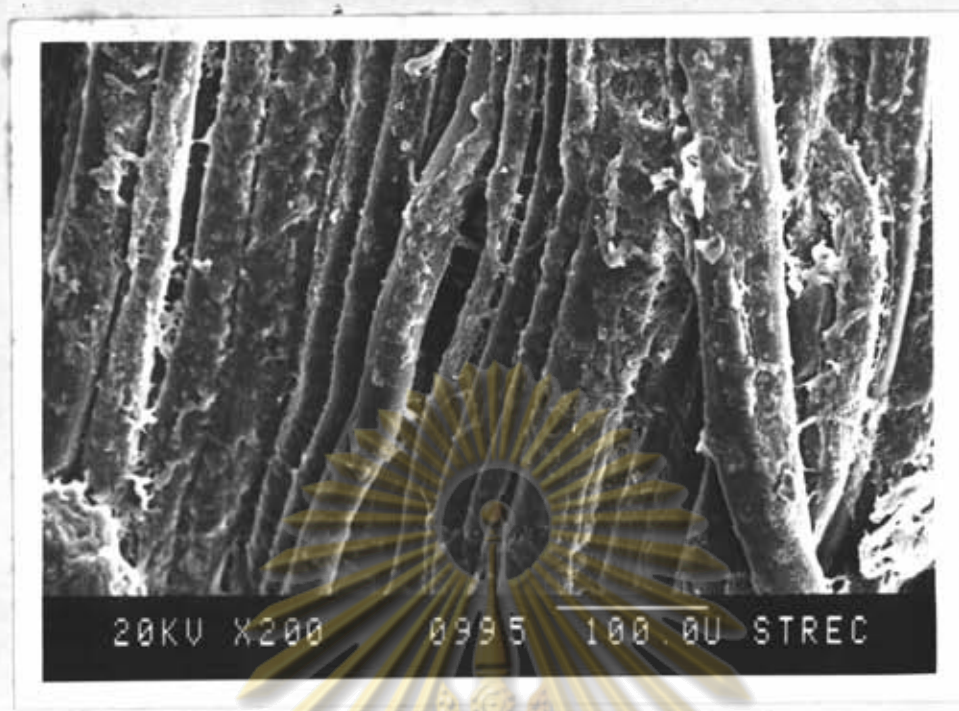


โปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสจากกระบวนการแช่เย็น

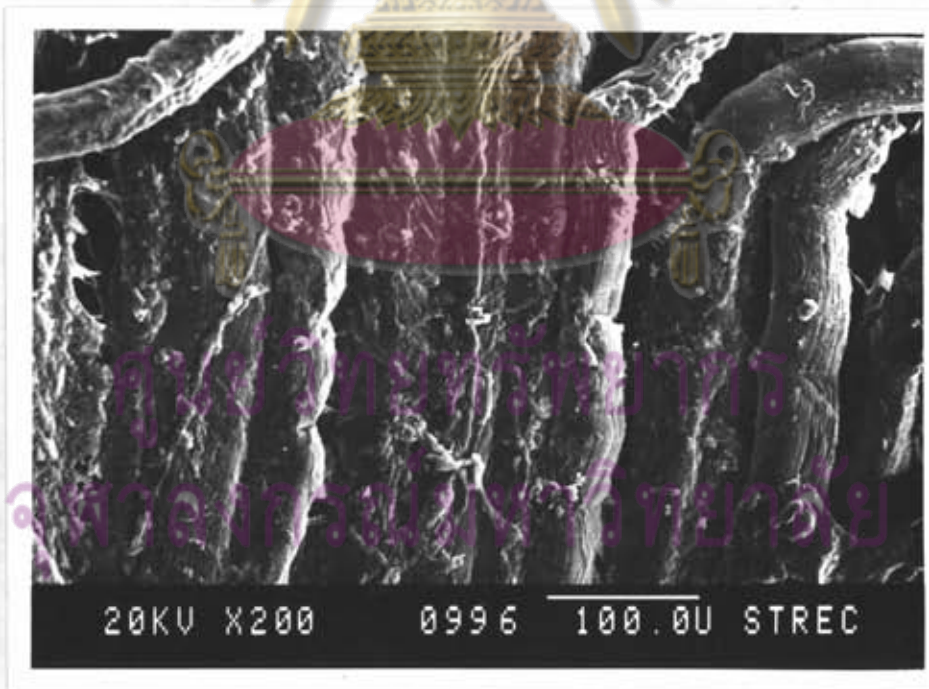
โปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสจากกระบวนการextrusion

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.30 โครงสร้างของโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งเปรียบเทียบกับโปรตีนจากกระบวนการ extrusion

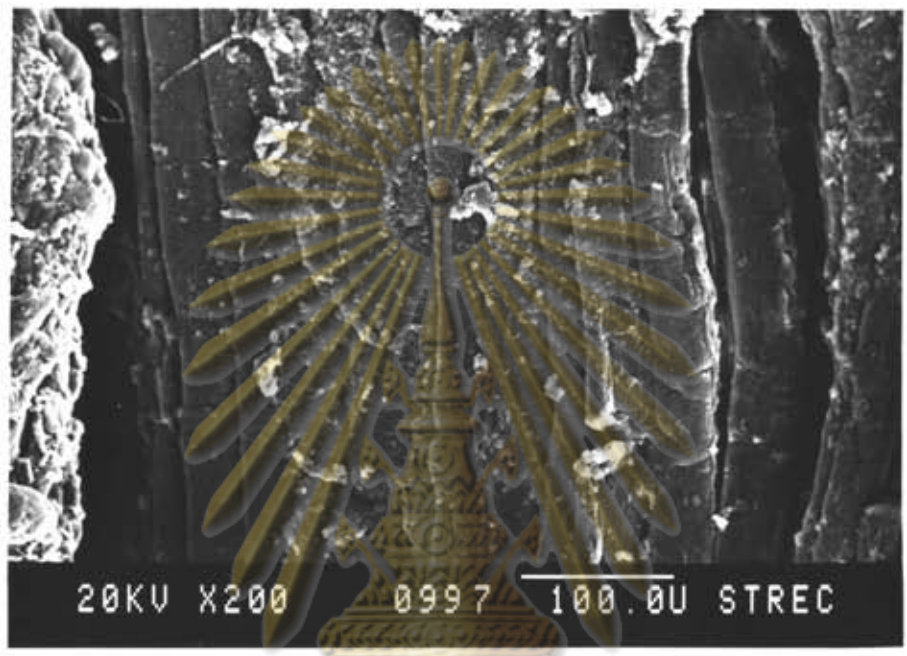


รูปที่ 4.31 โครงสร้างเส้นใยกล้ามเนื้อ(muscle fiber)จากเนื้อวัวที่ต้มในน้ำเดือด เป็นเวลา 5 นาที



รูปที่ 4.32 โครงสร้างเส้นใยกล้ามเนื้อ(muscle fiber)จากเนื้อหมูที่ต้มในน้ำเดือด เป็นเวลา 5 นาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.33 โครงสร้างเส้นใยกล้ามเนื้อ(muscle fiber)จากเนื้อไก่ที่ต้มในน้ำเดือด เป็นเวลา 5 นาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.6 การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัส

4.6.1 เนื้อเทียมปรุงแต่ง

ผลิตเนื้อเทียมปรุงแต่งจากโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสตามวิธีในข้อ 3.6.1 โดยแปรชนิดสารแต่งกลิ่นรสเป็น รสไก่ รสหมูหรือรสเนื้อกับปริมาณสารแต่งกลิ่นรสเป็นร้อยละ 5 และ 7.5 ปริมาณไขมัน (เนยขาว) แปรเป็นร้อยละ 0 และ 10 จากนั้นประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์โดยทดสอบทางประสาทสัมผัส และวิเคราะห์ปริมาณไขมันกับโปรตีน เพื่อเป็นเกณฑ์เลือกสภาวะดีที่สุด ผลการทดลองมีดังแสดงในตารางที่ 4.23-4.26 กับ 4.27-4.28 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.23 ผลของชนิดและปริมาณสารแต่งกลิ่นรส กับปริมาณไขมันต่อคะแนนสี กลิ่น รสชาติ ของเนื้อเทียมปรุงแต่ง

ชนิดสารแต่งกลิ่นรส	ปริมาณสารแต่งกลิ่นรส(ร้อยละ)	ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สี	กลิ่น	รสชาติ
ไก่	5	0	$6.05^{bc} \pm 1.05$	$4.15^{a} \pm 0.67$	$3.95^{b} \pm 0.60$
		10	$6.10^{bc} \pm 0.72$	$4.70^{abc} \pm 0.47$	$4.15^{ab} \pm 0.49$
	7.5	0	$6.10^{bc} \pm 1.02$	$4.15^{a} \pm 0.74$	$4.15^{ab} \pm 0.58$
		10	$6.25^{ab} \pm 0.85$	$4.65^{abcd} \pm 0.49$	$4.40^{ab} \pm 0.68$
หมู	5	0	$6.50^{ab} \pm 0.51$	$4.05^{a} \pm 0.82$	$4.00^{b} \pm 0.85$
		10	$6.35^{ab} \pm 0.67$	$4.75^{ab} \pm 0.63$	$4.25^{ab} \pm 0.64$
	7.5	0	$6.50^{ab} \pm 0.68$	$4.45^{bcde} \pm 0.82$	$4.15^{ab} \pm 0.67$
		10	$6.65^{a} \pm 0.81$	$5.05^{a} \pm 0.60$	$4.60^{a} \pm 0.59$
เนื้อ	5	0	$5.55^{cd} \pm 0.60$	$4.20^{de} \pm 0.69$	$4.00^{b} \pm 0.79$
		10	$5.55^{cd} \pm 0.76$	$4.80^{ab} \pm 0.61$	$4.25^{ab} \pm 0.63$
	7.5	0	$5.45^{d} \pm 0.60$	$4.25^{cde} \pm 0.85$	$4.25^{ab} \pm 0.85$
		10	$5.60^{cd} \pm 0.68$	$4.80^{ab} \pm 0.61$	$4.40^{ab} \pm 0.59$

a,b,c,d,e... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.24 ผลของชนิดและปริมาณสารแต่งกลิ่นรส กับปริมาณไขมันต่อคะแนนลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมของเนื้อเทียมปรุงแต่ง

ชนิดสารแต่งกลิ่นรส	ปริมาณสารแต่งกลิ่นรส(ร้อยละ)	ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
			ลักษณะปรากฏ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
ไก่	5	0	$6.15^{a} \pm 0.74$	$5.75^{c} \pm 0.64$	$3.95^{b} \pm 0.82$
		10	$6.20^{a} \pm 1.19$	$6.45^{a} \pm 0.76$	$4.15^{b} \pm 0.67$
	7.5	0	$6.55^{a} \pm 0.99$	$5.85^{bc} \pm 0.81$	$3.95^{b} \pm 0.82$
		10	$6.45^{a} \pm 0.82$	$6.30^{ab} \pm 0.66$	$4.15^{b} \pm 0.58$
หมู	5	0	$6.60^{a} \pm 0.75$	$5.60^{c} \pm 0.68$	$3.95^{b} \pm 0.76$
		10	$6.70^{a} \pm 0.80$	$6.45^{a} \pm 0.89$	$4.35^{ab} \pm 0.49$
	7.5	0	$6.70^{a} + 0.73$	$5.65^{c} + 0.59$	$4.20^{b} \pm 0.61$
		10	$6.50^{a} \pm 0.68$	$6.40^{a} \pm 0.88$	$4.75^{a} \pm 0.63$
เนื้อ	5	0	$6.70^{a} \pm 0.73$	$5.60^{c} \pm 0.60$	$3.95^{b} \pm 0.68$
		10	$6.50^{a} \pm 0.94$	$6.40^{a} \pm 0.68$	$4.05^{b} \pm 0.76$
	7.5	0	$6.45^{a} \pm 0.82$	$5.75^{c} \pm 1.02$	$3.95^{b} \pm 0.76$
		10	$6.45^{a} \pm 0.82$	$6.40^{a} \pm 0.94$	$4.25^{b} \pm 0.64$

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อเทียมปรุงแต่ง

SOV	d.f	MS					
		สี	กลิ่น	รสชาติ	ลักษณะปรากฏ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
ชนิดสารแต่งกลิ่นรส (A)	2	18.829*	0.554	0.162	1.654	8.789×10^{-2}	1.837*
ปริมาณสารแต่งกลิ่นรส (B)	1	0.337	0.937	3.037*	1.660×10^{-2}	1.660×10^{-2}	1.204
ปริมาณไขมัน (C)	1	0.204	21.004*	4.004*	0.417	29.400*	5.104*
AB	2	0.162	0.787	1.245×10^{-2}	1.579	5.420×10^{-2}	0.554
AC	2	5.419×10^{-2}	7.934×10^{-2}	0.129	0.128	0.262	0.504
BC	1	0.504	3.759×10^{-2}	3.711×10^{-2}	0.267	0.417	0.204
ABC	2	5.419×10^{-2}	1.245×10^{-2}	0.113	0.154	0.029	5.419×10^{-2}
Block	19	0.520	0.465	0.338	1.530	1.056	0.520
Error	209	0.589	0.464	0.468	0.650	0.558	0.479

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.26 ผลของชนิดสารแต่งกลิ่นรส ปริมาณสารแต่งกลิ่นรส หรือปริมาณไขมันต่อคะแนนทางประสาทสัมผัสของเนื้อเทียมปรุงแต่ง

สภาวะทดลอง	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน					
	สี	กลิ่น	รสชาติ	ลักษณะปรากฏ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
ชนิดสารแต่งกลิ่นรส						
ไก่	6.08^{b} ± 0.94	4.41^{a} ± 0.65	4.16^{a} ± 0.60	6.33^{b} ± 0.95	6.09^{b} ± 0.76	4.05^{b} ± 0.72
หมู	6.50^{b} ± 0.67	4.58^{a} ± 0.80	4.25^{a} ± 0.72	6.62^{b} ± 0.73	6.02^{b} ± 0.85	4.31^{a} ± 0.68
เนื้อ	5.54^{a} ± 0.65	4.53^{a} ± 0.74	4.22^{a} ± 0.73	6.51^{b} ± 0.84	6.04^{b} ± 0.89	4.05^{b} ± 0.71
ปริมาณสารแต่งกลิ่นรส (ร้อยละ)						
5	6.01^{b} ± 0.80	4.44^{a} ± 0.72	4.10^{a} ± 0.68	6.48^{b} ± 0.85	6.04^{b} ± 0.80	4.07^{b} ± 0.71
7.5	6.09^{b} ± 0.88	4.57^{a} ± 0.75	4.32^{a} ± 0.67	6.51^{b} ± 0.80	6.06^{b} ± 0.87	4.21^{a} ± 0.72
ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)						
0	6.02^{b} ± 0.86	4.21^{a} ± 0.76	4.08^{a} ± 0.73	6.52^{b} ± 0.81	5.70^{a} ± 0.73	3.99^{a} ± 0.74
10	6.08^{b} ± 0.83	4.80^{b} ± 0.57	4.32^{a} ± 0.63	6.47^{b} ± 0.89	6.40^{b} ± 0.79	4.28^{a} ± 0.66

a,b,c... ตัวเลขในแถวตั้งเดียวกันของแต่ละปัจจัย ที่มีอักษรกำกับต่างกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.27 ผลของชนิดสารแต่งกลิ่นรส ปริมาณสารแต่งกลิ่นรส และการเติมไขมันต่อปริมาณโปรตีน และไขมันที่ตรวจพบในเนื้อเทียมปรุงแต่ง

ชนิดสารแต่งกลิ่นรส	ปริมาณสารแต่งกลิ่นรส(ร้อยละ)	ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
			โปรตีน	ไขมัน
ไก่	5	0	$64.19^{a} \pm 2.30$	$2.81^{b} \pm 0.14$
		10	$60.46^{b} \pm 2.17$	$8.95^{a} \pm 0.83$
	7.5	0	$65.13^{a} \pm 2.35$	$2.83^{b} \pm 0.14$
		10	$61.32^{b} \pm 2.20$	$9.04^{a} \pm 0.88$
หมู	5	0	$64.15^{a} \pm 2.27$	$2.80^{b} \pm 0.27$
		10	$60.40^{b} \pm 2.13$	$9.00^{a} \pm 0.69$
	7.5	0	$65.13^{a} \pm 2.16$	$2.86^{b} \pm 0.12$
		10	$61.30^{b} \pm 2.04$	$9.09^{a} \pm 0.73$
เนื้อ	5	0	$63.91^{a} \pm 2.28$	$2.82^{b} \pm 0.23$
		10	$60.34^{b} \pm 2.15$	$8.73^{a} \pm 0.41$
	7.5	0	$64.69^{a} \pm 2.27$	$2.87^{b} \pm 0.14$
		10	$61.08^{b} \pm 2.14$	$8.77^{a} \pm 0.93$

a,b... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณโปรตีน และไขมันที่ตรวจพบในเนื้อเทียมปรุงแต่ง

SOV	d.f	MS	
		ปริมาณโปรตีน	ปริมาณไขมัน
ชนิดสารแต่งกลิ่นรส (A)	2	0.175	3.378×10^{-2}
ปริมาณสารแต่งกลิ่นรส (B)	1	4.476	3.674×10^{-2}
ปริมาณไขมัน (C)	1	82.898*	225.338*
AB	2	0.015	4.180×10^{-3}
AC	2	0.016	7.507×10^{-2}
BC	1	0.001	3.662×10^{-4}
ABC	2	0.008	1.861×10^{-3}
Error	12	4.883	0.309

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

คะแนนกลิ่น รสชาติ และการยอมรับรวมของเนื้อเทียมปรุงแต่งที่ผลิตจากโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งอยู่ในเกณฑ์ที่ยังไม่เป็นที่พอใจ เพราะผลิตภัณฑ์ยังมีกลิ่นและรสชาติของ alcohol ตกค้างอยู่ จึงจำเป็นต้องศึกษาเพื่อปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นรสของโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสก่อนนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.6.2 <u>การปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นและรสชาติของโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็ง</u>

นำโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสที่ผลิตตามสภาวะดีที่สุดที่สรุปได้จากข้อ 4.3 ไปอบในตู้อบแห้งแบบสุญญากาศโดยแปรอุณหภูมิขณะอบเป็น 60°C, 65°C และเวลาในการให้ความร้อนเป็น 5, 6, 7, 8 ชั่วโมง จากนั้นบรรจุในถุง PP 3 ชั้นปิดผนึกด้วยความร้อนแล้วทำให้โครงสร้างอยู่ตัวตามสภาวะดีที่สุดที่สรุปได้จากข้อ 4.4 นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปประเมินคุณภาพด้าน กลิ่น รสชาติ สี และเนื้อสัมผัส ซึ่งผลการทดลองมีดังแสดงในตารางที่ 4.29-4.30

ตารางที่ 4.29 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนในตู้อบแห้งแบบสุญญากาศต่อคะแนนทางประสาทสัมผัสโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสที่ปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นรส

อุณหภูมิ (° C)	เวลา (ชั่วโมง)	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
		กลิ่น	รสชาติ	สี	เนื้อสัมผัส
60	5	$5.10^{d} \pm 1.07$	$3.90^{d} \pm 0.30$	$6.25^{a} \pm 0.64$	$6.05^{a} \pm 1.19$
	6	$5.90^{c} \pm 0.55$	$5.00^{b} \pm 0.65$	$6.05^{a} \pm 0.51$	$6.25^{a} \pm 1.07$
	7	$6.20^{a,b} \pm 0.61$	$5.70^{a} \pm 0.47$	$6.00^{a} \pm 0.64$	$6.25^{a} \pm 1.15$
	8	$6.30^{a} \pm 0.65$	$5.70^{a} \pm 0.47$	$5.95^{a} \pm 0.60$	$6.05^{a} \pm 0.99$
65	5	$5.30^{d} \pm 0.80$	$4.55^{c} \pm 0.51$	$6.20^{a} \pm 0.69$	$6.05^{a} \pm 0.99$
	6	$5.95^{b,c} \pm 0.51$	$5.75^{a} \pm 0.55$	$6.00^{a} \pm 0.56$	$6.10^{a} \pm 0.91$
	7	$6.35^{a} \pm 0.49$	$5.75^{a} \pm 0.55$	$5.90^{a} \pm 0.64$	$6.15^{a} \pm 0.93$
	8	$6.35^{a} \pm 0.59$	$5.80^{a} \pm 0.41$	$5.90^{a} \pm 0.72$	$5.90^{a} \pm 0.91$

a,b,c,d... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสที่ปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นรส

SOV	d.f.	MS			
		กลิ่น	รสชาติ	สี	เนื้อสัมผัส
อุณหภูมิ (A)	1	0.506	6.006*	0.156	0.399
เวลา (B)	3	10.772*	20.539*	0.739	0.316
AB	3	5.615×10^{-2}	1.323*	6.184×10^{-3}	4.856×10^{-2}
Block	19	2.190	0.556	0.551	6.442
Error	133	0.223	0.205	0.376	0.256

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดังนั้นสภาวะดีที่สุดในการปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นรสของโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งคือ ให้ความร้อนในตู้อบแห้งแบบสุญญากาศที่ 60°C เป็นเวลา 7 ชั่วโมง

4.6.3 ผลิตเนื้อเทียมปรุงแต่งจากโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสที่ปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นและรสชาติ

ผลิตเนื้อเทียมจากโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสที่ปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นรส และยังไม่ได้ปรับปรุงคุณภาพตามวิธีข้อ 3.6.1 ใช้สารแต่งกลิ่นรส (รสหมู) ร้อยละ 7.5 และเนยขาวร้อยละ 10 เตรียมโปรตีนเกษตรปรุงแต่งโดยผสมชิ้นโปรตีนกับเนยขาวหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 80°C แล้วนำไปดูดน้ำคืนในสารละลายที่มีสารแต่งกลิ่นรส (รสหมู) ร้อยละ 7.5 จากนั้นทดสอบทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบระหว่างเนื้อเทียมปรุงแต่งที่ผลิตจากโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งและโปรตีนเกษตร ผลการทดลองมีดังแสดงในตารางที่ 4.31-4.32 และลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ได้แสดงดังในรูปที่ 4.34-4.37

ตารางที่ 4.31 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสเนื้อเทียมปรุงแต่งที่ผลิตจากโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งและโปรตีนเกษตร(ผลิตโดยกระบวนการ extrusion)

	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
คุณภาพ	กระบวนการ extrusion	กระบวนการแช่แข็ง	
		ก่อนปรับปรุงคุณภาพ	หลังปรับปรุงคุณภาพ
สี	6.85^{a} ± 0.81	6.55^{a} ± 0.83	6.70^{a} ± 0.80
กลิ่น	6.50^{a} ± 0.89	4.65^{b} ± 0.59	6.65^{a} ± 0.81
รสชาติ	6.30^{a} ± 0.80	4.15^{b} ± 0.36	6.30^{a} ± 0.73
ลักษณะปรากฏ	6.60^{a} ± 1.05	6.60^{a} ± 0.68	6.80^{a} ± 1.19
เนื้อสัมผัส	6.40^{a} ± 0.68	6.45^{a} ± 0.60	6.35^{a} ± 0.87
การยอมรับรวม	6.25^{a} ± 0.79	4.40^{b} ± 0.50	6.30^{a} ± 0.73

a,b... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวนอนเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

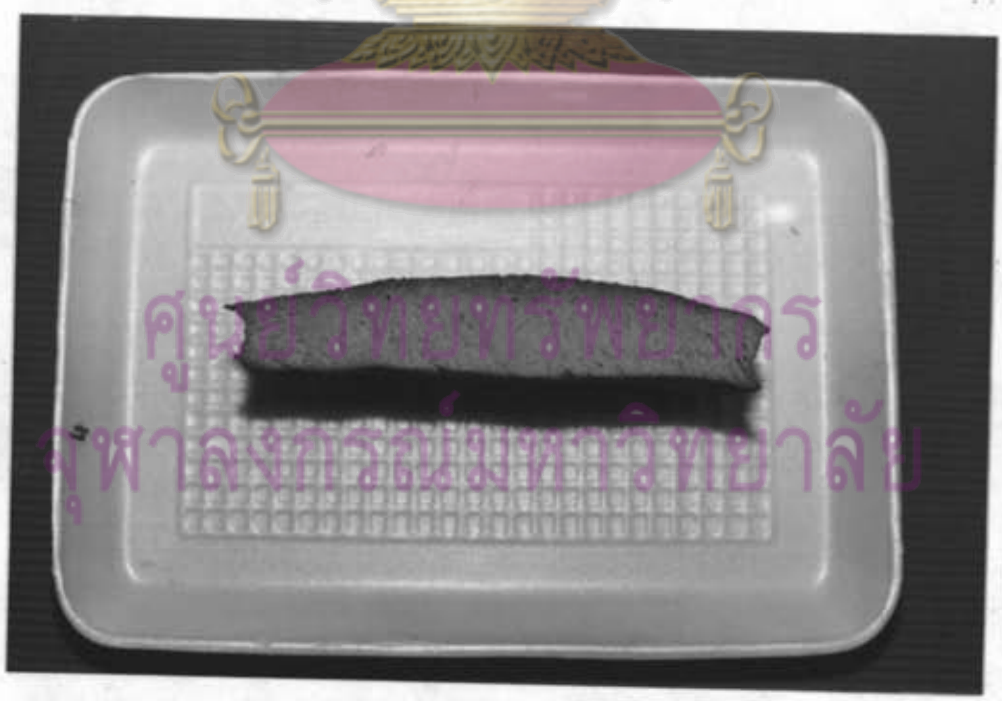
ตารางที่ 4.32 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อเทียมปรุงแต่งที่ผลิตจากโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งและโปรตีนเกษตร

SOV	d.f.	MS					
		สี	กลิ่น	รสชาติ	ลักษณะปรากฏ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
Treatment (ชนิดโปรตีน)	2	0.450	24.817*	30.817*	0.267	0.050	23.450*
Block	19	1.119	1.109	0.768	1.193	0.618	0.578
Error	38	0.432	0.343	0.273	0.898	0.489	0.415

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.34 เนื้อเทียมปรุงแต่งจากโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นรสแล้ว



รูปที่ 4.35 ภาพตัดขวางของเนื้อเทียมปรุงแต่งจากโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นรสแล้ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.36 เนื้อเทียมปรุงแต่งที่ผลิตจากโปรตีนเกษตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.37 ชิ้นเนื้อเทียมปรุงแต่งจากโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งที่ปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นรสแล้ว(ตัดให้มีขนาดเล็กลงเพื่อ) เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากโปรตีนเกษตร

รูปที่ 4.38 ชิ้นเนื้อเทียมปรุงแต่งจากโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งที่ปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นรสเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากโปรตีนเกษตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.6.4 <u>แฮมจากเนื้อเทียม</u>

ผลิตแฮมจากโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสที่ทำให้โครงสร้างอยู่ตัวด้วยความร้อน และปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นและรสชาติ (ตามสภาวะดีที่สุดที่สรุปได้จากข้อ 4.3, 4.4 และ 4.6.2) โดยเคียวร์ในสารละลายซึ่งประกอบด้วยสารแต่งกลิ่นรส (รสหมู) ร้อยละ 7.5 เกลือบริโภคร้อยละ 2 หรือ 3 น้ำตาลร้อยละ 3 และ sodium tripolyphosphate ร้อยละ 0.5 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง รมควันที่อุณหภูมิ 60°C แปรเวลารมควันเป็น 30, 60 และ 90 นาที นำผลิตภัณฑ์ไปนึ่งให้สุกแล้วทดสอบทางประสาทสัมผัส คะแนนจากการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.33-4.34 และลักษณะผลิตภัณฑ์แสดงดังรูปที่ 4.38-4.39

ตารางที่ 4.33 ผลของปริมาณเกลือในสารละลายที่ใช้เคียวร์และเวลารมควันต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสแฮมจากเนื้อเทียม

ปริมาณเกลือ (ร้อยละ)	เวลารมควัน (นาที)	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน					
		สี	กลิ่น	รสชาติ	ลักษณะปรากฏ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
2	30	6.75^{b} ± 0.78	5.95^{b} ± 0.51	6.95^{b} ± 0.60	6.00^{b} ± 0.56	6.40^{a} ± 0.60	6.10^{b} ± 0.31
	60	7.35^{a} ± 0.49	7.10^{a} ± 0.55	7.00^{a} ± 0.56	7.00^{a} ± 0.56	6.25^{a} ± 0.55	7.00^{a} ± 0.56
	90	5.30^{c} ± 0.57	5.40^{c} ± 0.88	6.90^{a} ± 0.72	5.40^{c} ± 0.50	6.20^{a} ± 0.52	5.05^{c} ± 0.39
3	30	6.80^{b} ± 0.89	6.00^{b} ± 0.56	5.50^{b} ± 0.83	5.95^{b} ± 0.39	6.20^{a} ± 0.61	5.25^{c} ± 0.44
	60	7.25^{a} ± 0.64	7.05^{a} ± 0.60	5.60^{b} ± 0.82	6.90^{a} ± 0.55	6.20^{a} ± 0.52	6.25^{b} ± 0.44
	90	5.10^{c} ± 0.45	5.50^{c} ± 0.83	5.55^{b} ± 0.83	5.65^{c} ± 0.49	6.10^{a} ± 0.64	5.10^{c} ± 0.45

a,b,c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

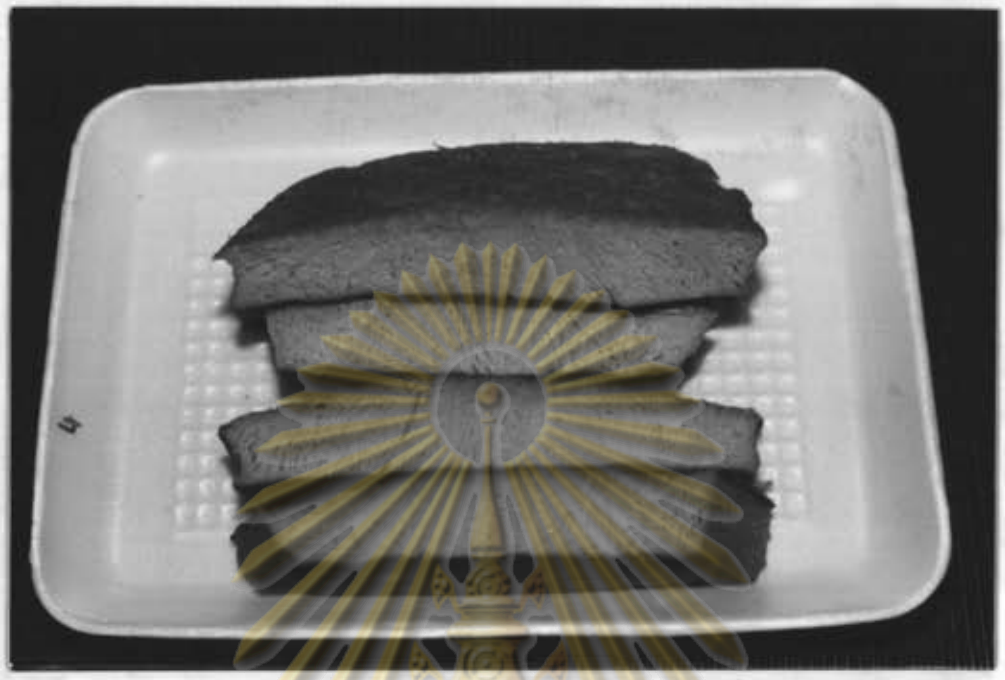
ตารางที่ 4.34 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสแฮมจากเนื้อเทียม

SOV	d.f.	MS					
		สี	กลิ่น	รสชาติ	ลักษณะปรากฏ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
ความเข้มข้นของเกลือ (A)	1	8.300×10^{-3}	3.320×10^{-3}	58.799*	3.320×10^{-3}	0.408	8.008*
เวลารมควัน (B)	2	51.025*	27.508*	7.495×10^{-3}	21.224*	0.225	24.433*
AB	2	0.208	5.835×10^{-3}	2.514×10^{-3}	0.358	5.835×10^{-3}	2.433*
Block	19	0.693	0.789	1.009	0.560	0.426	0.331
Error	95	0.380	0.384	0.446	0.205	0.314	0.166

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สภาวะดีที่สุดสำหรับผลิตแฮมจากเนื้อเทียมคือเคียวร์ในสารละลายที่มีเกลือร้อยละ 2 น้ำตาลร้อยละ 3 สารแต่งกลิ่นรส (รสหมู) ร้อยละ 7.5 และ sodium tripolyphosphate ร้อยละ 0.5 รมควันที่ 60°C เป็นเวลา 60 นาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.39 ภาพตัดขวางของแอมที่ผลิตจากโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งที่ปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นรสแล้วเคียวด้วยสารละลายที่มีเกลือร้อยละ2และรมควันที่ 60 °C เป็นเวลา 60 นาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.40 ลักษณะของชิ้นแอมจากโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสที่ปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นรสแล้วตัดเป็นชิ้นบาง (slice) ขนาดความหนา 1.5 มิลลิเมตร