

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	(3)
Abstract.....	(6)
กิตติกรรมประกาศ.....	(8)
สารบัญ.....	(9)
รายการตาราง.....	(12)
รายการภาพประกอบ.....	(14)
รายการภาพประกอบภาคผนวก.....	(17)
บทที่	
1. บทนำ.....	1
บทนำต้นเรื่อง.....	1
ตรวจเอกสาร.....	3
ถั่วเหลือง.....	3
เอนไซม์ไลพอกซิจีเนส.....	3
โปรตีนในถั่วเหลือง.....	4
เต้าหู้.....	7
กระบวนการผลิตเต้าหู้.....	9
กลไกการเกิดเจลของเต้าหู้ด้วยความร้อน.....	11
ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตเต้าหู้.....	13
กระบวนการใช้ความดันสูง.....	21
หลักการของการใช้ความดันสูง.....	23
ผลของความดันสูงต่อโครงสร้างของโมเลกุลโปรตีน.....	24
ผลของความดันสูงและความร้อนต่อการเกิดเจล.....	28
ผลของความดันสูงต่อเอนไซม์.....	29

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
กลไกของความดันสูงต่อการยับยั้งจุลินทรีย์.....	31
ผลของความดันสูงต่อจุลินทรีย์.....	32
ผลของความดันสูงต่อโปรตีนถั่วเหลือง.....	34
วัตถุประสงค์.....	37
2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	38
วัสดุ .....	38
อุปกรณ์.....	38
วิธีการทดลอง.....	39
1) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ .....	39
2) เตรียมวัตถุดิบน้ำมันถั่วเหลืองและตรวจสอบคุณสมบัติ และองค์ประกอบของน้ำมันถั่วเหลือง.....	39
3) ศึกษาผลของความดันหรือความร้อนร่วมกับความดันต่อ คุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัสและกลิ่นรสของน้ำมันถั่วเหลือง.....	40
4) ศึกษาผลของความดันหรือความร้อนร่วมกับการใช้ สารตกตะกอนโปรตีนต่อคุณสมบัติของเต้าหู้อ่อน.....	41
5) ศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคโดย Scanning Electron Microscope (SEM) .....	42
6) ศึกษาอายุการเก็บของเต้าหู้อ่อน.....	42
3. ผลและวิจารณ์.....	44
1) ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ เมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 1.....	44
2) ผลการศึกษาผลของความดัน หรือความร้อนร่วมกับความดัน ต่อองค์ประกอบและคุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของน้ำมันถั่วเหลือง.....	46
3) ผลของความดันหรือความร้อนร่วมกับชนิด สารตกตะกอนโปรตีนต่อคุณสมบัติของเต้าหู้อ่อน.....	59

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4) ผลของความเข้มข้นของสารตกตะกอนโปรตีน ร่วมกับความดันต่อคุณสมบัติของเต้าหู้อ่อน.....	70
5) ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาคของเต้าหู้อ่อน โดย Scanning Electron Microscope (SEM) .....	78
6) ผลการศึกษาอายุการเก็บของเต้าหู้อ่อน.....	83
4.สรุป.....	89
บรรณานุกรม.....	91
ภาคผนวก.....	103
ประวัติผู้เขียน.....	119

## รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
1 องค์ประกอบกรดอะมิโนของโปรตีนถั่วเหลือง.....	6
2 ค่าปริมาณ และองค์ประกอบของโปรตีนแต่ละส่วนที่สกัดได้ด้วยน้ำแล้วผ่านการหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็วสูง.....	7
3 คุณสมบัติด้านความคงตัวของพันธะในโครงสร้างโปรตีนขั้นทุติยภูมิ ตติยภูมิ และจตุรภูมิ.....	25
4 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 1 และน้ำนมถั่วเหลือง.....	45
5 คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของเต้าหู้อ่อนที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 12 และ 14 ที่ผ่านหรือไม่ผ่านความร้อน (70 องศาเซลเซียส 30 นาที) แล้วให้ความดันระดับต่างๆ (600 และ 800 เมกกะปาสคาล, 30 นาที).....	50
6 ผลค่าสีของน้ำนมถั่วเหลืองที่มีปริมาณของแข็ง 3 ระดับ (ร้อยละ 10, 12, 14) ได้รับหรือไม่ได้รับความร้อนแล้วให้ความดันระดับต่างๆ 5 ระดับ.....	55
7 ค่าการละลายด้วยตัวทำละลายชนิดต่างๆ ของโปรตีนในน้ำนมถั่วเหลืองที่มีปริมาณของแข็ง 3 ระดับ (ร้อยละ 10 12 และ 14) ได้รับหรือไม่ได้รับความร้อน แล้วให้ความดันระดับต่างๆ .....	58
8 ค่าการละลายของโปรตีนในน้ำนมถั่วเหลืองที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมด 3 ระดับ (ร้อยละ 10, 12, 14) เติมสารตกตะกอนโปรตีนชนิดต่างๆ แล้วให้ความร้อน 70 องศาเซลเซียส 30 นาที หรือ ความดัน 400 เมกกะปาสคาล 30 นาที.....	64
9 ค่าสีของน้ำนมถั่วเหลืองที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ 10 12 และ 14 ) เติมสารตกตะกอนโปรตีนชนิดต่างๆ แล้วให้ความร้อน 70 องศาเซลเซียส 30 นาที .....	66

## รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
10 ค่าสีของน้ำนมถั่วเหลืองที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ 10 12 และ 14) เติมสารตกตะกอนโปรตีนชนิดต่างๆ แล้วให้ความดัน 400 เมกกะปาสคาล 30 นาที.....	67
11 ค่าของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของเต้าหู้อ่อนที่มีปริมาณของแข็ง ทั้งหมดต่างกัน 3 ระดับ (ร้อยละ 10 12 และ 14) และเติมสารตกตะกอน โปรตีนชนิดต่างๆ แล้วให้ความดัน 400 เมกกะปาสคาล 30 นาที.....	69
12 ค่าสีของน้ำนมถั่วเหลืองที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 14 เติมสารกลูโคโนเดลต้าแลคโตนความเข้มข้นระดับต่างๆ แล้วให้ความดันสูง ผ่านหรือไม่ผ่านความร้อน.....	74
13 ค่าสีของน้ำนมถั่วเหลืองที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ 14) ได้รับความดันสูงระดับ 200 เมกกะปาสคาล ก่อนการเติมสารกลูโคโนเดลต้าแลคโตนปริมาณต่างๆ แล้วนำมาผ่านหรือไม่ผ่านความร้อน (70 องศาเซลเซียส, 30 นาที).....	75
14 ค่าของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของเต้าหู้อ่อนที่มี ปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 14 เติมสารกลูโคโนเดลต้าแลคโตน ความเข้มข้นระดับต่างๆ (ร้อยละ 0.1, 0.2, 0.3) แล้วให้ความดันสูง (400 และ 600 เมกกะปาสคาล, 30 นาที) จากนั้นผ่านหรือไม่ผ่านความร้อน.....	77
15 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของเต้าหู้อ่อนชุดการทดลองต่างๆ ในขณะที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 15 วัน.....	85
16 ค่าทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสผิดปกติและเนื้อสัมผัสของเต้าหู้อ่อน ชุดการทดลองต่างๆ ขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 15 วัน.....	86
17 ค่าเฉลี่ยการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัสและความชอบรวมของเต้าหู้อ่อนชุดการทดลองต่างๆ ขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 15 วัน.....	88

## รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แผนผังกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลืองและเต้าหู้ตามวิธีของชาวจีน.....	9
2 กลไกการเกิดเจลของโปรตีนถั่วเหลืองที่เกิดจาก สารกลูโคโนเตลต้าแลคโตนหรือแคลเซียมซัลเฟต.....	12
3 การสร้างสภาวะความดันสูงโดยตรง (ภาพบน) และทางอ้อม (ภาพล่าง) ของตัวกลางส่งผ่านความดัน.....	22
4 แสดงไดอะแกรมการเปลี่ยนแปลงระหว่างความดัน กับอุณหภูมิของโคโมทริปซีโนเจน เอ.....	27
5 การผลิตน้ำมันถั่วเหลืองเพื่อผลิตเป็นเต้าหู้อ่อน.....	40
6 การผลิตเต้าหู้อ่อนเลียนแบบเต้าหู้อ่อนทางการค้า.....	43
7 กิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซิจีเนสในน้ำมันถั่วเหลืองที่มีปริมาณ ของแข็งทั้งหมดระดับต่างๆ (ร้อยละ $-\diamond-$ 10, $-\square-$ 12, $-\Delta-$ 14) และผ่านการให้ความดันช่วง 200-800 เมกกะปาสคาล นาน 30 นาที.....	46
8 กิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซิจีเนสของชุดการทดลองที่มี ปริมาณของแข็งทั้งหมดระดับต่างๆ (ร้อยละ $-\diamond-$ 10, $-\square-$ 12, $-\Delta-$ 14) ได้รับความร้อน (70 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที) และความดันช่วง 200-800 เมกกะปาสคาล นาน 30 นาที .....	47
9 ค่าคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส [ความแข็ง (a); ความยืดติด (b); ความยืดหยุ่น (c); ความยืดเกาะ (d); ความหยุ่นตัว (e); ความคงทนต่อการบิดเคี้ยว (f)] ของเต้าหู้อ่อนชุดการทดลองต่างๆ ดังนี้ 12%TS/nonheat/800MPa (1); 12%TS/heat/600MPa (2); 12%TS/heat/800MPa (3); 14%TS/nonheat/600MPa (4); 14%TS/nonheat/800MPa (5); 4%TS/heat/600MPa (6); 14%TS/heat/800MPa (7); เต้าหู้อ่อนทางการค้า (8) ที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมด 3 ระดับ (ร้อยละ 10, 12, 14)	

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
ผ่านการให้และไม่ให้ความร้อน แล้วให้ความดันระดับต่างๆ .....	53
10 ผลของสารตกตะกอนโปรตีนชนิดต่างๆ และความดันต่อค่าคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส [ความแข็ง (a); ความยืดติด (b); ความยืดหยุ่น (c); ความยืดเกาะ (d); ความหยุ่นตัว (e); ความคงทนต่อการบิดเคี้ยว(f)] ของเต้าหู้อ่อนชุดการทดลองต่างๆ [10%TS/MgCl <sub>4</sub> (1); 10%TS/GDL (2); 10%TS/GDL+CaSO <sub>4</sub> (3); 10%TS/ CaSO <sub>4</sub> (4); 12%TS/ MgCl <sub>4</sub> (5); 12%TS/GDL (6); 12%TS/GDL+ CaSO <sub>4</sub> (7); 12%TS/ CaSO <sub>4</sub> (8); 14%TS/ MgCl <sub>4</sub> (9); 14%TS/GDL (10); 14%TS/GDL+ CaSO <sub>4</sub> (11); 14%TS/ CaSO <sub>4</sub> (12); เต้าหู้อ่อนทางการค้า (13)].....	62
11 ผลของความเข้มข้นของสารกลูโคโนแลคโตน, ความดันและความร้อนต่อค่าคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส [ความแข็ง (a); ความยืดติด (b); ความยืดหยุ่น (c); ความยืดเกาะ (d); ความหยุ่นตัว (e); ความคงทนต่อการบิดเคี้ยว (f)] ของเต้าหู้อ่อนชุดการทดลองต่างๆ [0.1%GDL/400MPa/NH (1); 0.1%GDL/600MPa/NH(2); 0.1%GDL/400MPa/H(3); 0.1%GDL/600MPa/H(4); 0.2%GDL/400MPa/NH(5); 0.2%GDL/600MPa/NH(6); 200MPa/0.2%GDL/H(7); 0.2%GDL/200MPa/H(8); 0.2%GDL/400MPa/H(9); 0.2%GDL/600MPa/H(10); 0.3%GDL/400MPa/NH(11); 0.3%GDL/600MPa/NH(12); 200MPa/0.3%GDL/H(13); 0.3%GDL/200MPa/H(14); 0.3%GDL/400MPa/H(15); 0.3%GDL/600MPa/H(16); เต้าหู้อ่อนทางการค้า(17)].....	72
12 โครงสร้างทางจุลภาคของเต้าหู้อ่อนชุดการทดลองต่างๆ ได้แก่ เต้าหู้อ่อนที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 14 แล้วให้ความดันระดับ 800 เมกกะปาสคาล 30 นาที (a); เต้าหู้อ่อนที่มีปริมาณของแข็ง	

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)

### ภาพประกอบ

หน้า

- ทั้งหมดร้อยละ 14 ให้ความร้อน 70 องศาเซลเซียส,  
30 นาที แล้ว ผ่านความดันระดับ 800 เมกกะปาสคาล 30 นาที (b);  
เต้าหู้อ่อนที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 14 ผ่านความดันระดับ  
800 เมกกะปาสคาล 30 นาที แล้วให้ความร้อน 70 องศาเซลเซียส 30 นาที (c).....81
- 13 โครงสร้างทางจุลภาคของเต้าหู้อ่อนชุดการทดลองต่างๆ ได้แก่  
เต้าหู้อ่อนที่เติมสารกลูโคโนเดลต้าแลคโตนร้อยละ 0.3  
ผ่านความดันระดับ 200 (a), 600 (b) และ 800 (d) เมกกะปาสคาล  
30 นาที ให้ความร้อน 70 องศาเซลเซียส, 30 นาที; เต้าหู้อ่อน  
ที่เติมสารกลูโคโนเดลต้าแลคโตนร้อยละ 0.3 ผ่านความดันระดับ 600 (c)  
และ 800 (e) เมกกะปาสคาล 30 นาที; เต้าหู้อ่อนทางการค้า (f);  
เต้าหู้อ่อนเลียนแบบทางการค้า (g).....82
- 14 โครงสร้างทางจุลภาคของเต้าหู้อ่อนชุดการทดลองต่างๆ ได้แก่  
เต้าหู้อ่อนที่เติมสารกลูโคโนเดลต้าแลคโตนร้อยละ 0.3 ผ่านความดันระดับ  
200 เมกกะปาสคาล 30 นาที แล้วให้ความร้อน 70 องศาเซลเซียส  
30 นาที (a); เต้าหู้อ่อนที่ผ่านความดันระดับ 200 เมกกะปาสคาล  
30 นาที เติมสารกลูโคโนเดลต้าแลคโตนร้อยละ 0.3 จากนั้นให้  
ความร้อน 70 องศาเซลเซียส, 30 นาที (b).....83



## รายการภาพประกอบภาคผนวก

ภาพประกอบภาคผนวก	หน้า
1 กราฟมาตรฐานสำหรับหาปริมาณโปรตีน โดยใช้ Bovine Serum Albumin เป็นสารละลายโปรตีนมาตรฐาน.....	107
2 กราฟแสดงการวัดเนื้อสัมผัส โดย Texture Profile Analysis.....	110