14929

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลของกระบวนการผลิตต่อคุณภาพของเต้าหู้อ่อน

(Influence of processing method on the quality of silken tofu)

T096455

ปพ.
ป146ผ
2540

นางสาวปณัฐฐา กีรติพัฒน์
นางสาวปริยาพร เขียวชำ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....96455
วัน,เดือน,ปี.....

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1624

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของกระบวนการผลิตต่อคุณภาพของเต้าหู้อ่อน

(Influence of processing method on the quality of silken tofu)

โดย

นางสาวปณัฐฐา กีรติพัฒน์

นางสาวปริยาพร เขียวขำ

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... 12/3/40 อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

( )

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

(ผศ.ดร.ระดิพร หาเรือนกิจ)

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

21 มี.ค. 2541

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 30 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2540

ฝพ. ฝ14ขพ 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5 มี.ค. 2541

ปณัฐฐา กีรติพัฒน์ และ ปริยาพร เขียวขำ .2540 . ผลของกระบวนการผลิตต่อคุณภาพของเต้าหู้อ่อน (Influence of processing method on the quality of silken tofu). ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ยุพร จรรยงค์วรกุล , 59 หน้า

ในการศึกษาผลของปัจจัยต่างๆของกระบวนการผลิตต่อคุณภาพของเต้าหู้อ่อน โดยใช้ถั่วเหลืองสายพันธุ์ เชียงใหม่ 60 เป็นวัตถุดิบในการทดลอง เมื่อใช้อัตราส่วนน้ำในการบดถั่ว ต่อปริมาณถั่ว เท่ากับ 1:8 พบว่าจะได้เต้าหู้อ่อนที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสนิ่ม เละ กว่าการใช้อัตราส่วน 1:5 เมื่อทำการวัดความแข็งของเจลด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส จะมีค่าเท่ากับ 139.51 g แต่เมื่อใช้อัตราส่วน 1:5 จะมีค่าเท่ากับ 231.48 g จากนั้นได้ทำการศึกษาชนิดของสารตกตะกอนระหว่าง GDL (glucono -delta - lactone) และCa_2SO_4 การใช้ GDL จะได้เต้าหู้อ่อนที่มีเนื้อสัมผัสเนียนเรียบ และเกิด syneresis น้อยกว่าเต้าหู้ที่ใช้ Ca_2SO_4 ต่อมาได้ทำการศึกษาถึงปริมาณความเข้มข้นของ GDL โดยเลือกศึกษาที่ระดับ 0.8,0.9,1.0,1.1 และ 1.2 % ต่อน้ำหนักถั่วเมล็ดแห้ง ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 1.0% ได้รับการยอมรับมากที่สุด เนื่องจากเนื้อสัมผัสไม่นิ่มเละ หรือแข็งจนเกินไป

ปณัฐฐา กีรติพัฒน์

ปริยาพร เขียวขำ ....

ลายมือชื่อนักศึกษา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา วัน เดือน ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปัญหาพิเศษครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความกรุณาจาก ดร.ยุพร จรรยงค์วรกุล ซึ่งได้ให้คำปรึกษา และแนะนำผู้จัดทำปัญหาพิเศษตลอดมา ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ผู้จัดทำขอกราบของพระคุณ คณะกรรมการปัญหาพิเศษ และคณาจารย์ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำ และชี้แนะแนวทางในการทำปัญหาพิเศษ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ผู้จัดทำขอขอบคุณ บริษัท จาร์พาร์เทคเซ็นเตอร์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส คุณน้ำทิพย์ วงศ์ประทีป ที่ให้คำแนะนำและเอื้อเฟื้อข้อมูลในการทำปัญหาพิเศษ เพื่อนๆทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามเป็นอย่างดี นอกจากนี้ขอขอบคุณ คุณ อมรรัตน์ อินทรเกษม คุณ มโนทัย มะโนมั่น คุณ เจษฎา เศรษฐกิจ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือให้ยืมคอมพิวเตอร์ในการพิมพ์ คุณสมลักษณ์ เตชะสมบูรณ์สุข ที่ให้คำปรึกษาและแก้ไขคอมพิวเตอร์ คุณ จุฑามาศ เมฆมงคลชัย และคุณ อรอุมา ปักกาโล ที่เอื้อเฟื้อข้อมูล ตลอดจนเพื่อนร่วมรุ่นและน้องๆภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรที่ได้ช่วยเหลือและให้กำลังใจผู้จัดทำอย่างใกล้ชิดตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปัญหาพิเศษฉบับนี้ขอมอบให้แด่ทุกท่าน

ปณัฐฐา กีรติพัฒน์

ปริยาพร เขียวขำ

มีนาคม 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ช
บทที่	
1.บทนำ	1
2.การตรวจเอกสาร	3
2.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเต้าหู้อ่อน	4
2.2 วิธีการผลิตเต้าหู้อ่อน	7
2.3 ปัญหาการผลิตและความผิดปกติของเต้าหู้อ่อน	11
3.อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	16
3.1 วัตถุดิบและสารเคมี	16
3.2 อุปกรณ์	16
3.3 วิธีการทดลอง	17
3.4 ศึกษาถึงอิทธิพลของความเข้มข้นของสารตกตะกอน ที่มีผลต่อคุณภาพของเต้าหู้อ่อน	18
4. ผลการทดลอง	24
4.1 สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเต้าหู้	24
4.2 อิทธิพลของความเข้มข้นของสารตกตะกอน ที่มีผลต่อคุณภาพของเต้าหู้อ่อน	27
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	32
5.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเต้าหู้อ่อน	32
5.2 การศึกษาถึงอิทธิพลของความเข้มข้นของสารตกตะกอน ต่อคุณภาพของเต้าหู้อ่อน	33
5.3 ข้อเสนอแนะ	33
เอกสารอ้างอิง	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

		หน้า
ภาคผนวก ก	แสดงองค์ประกอบโดยทั่วไปของเมล็ดถั่วเหลืองและพืชอื่น	36
ภาคผนวก ข	แสดงชนิดและปริมาณอะมิโนแอซิดในถั่วเหลืองเปรียบเทียบกับไข่ ในปริมาณของ อะมิโนแอซิด(กรัม) ใน 100 กรัมอาหาร	37
ภาคผนวก ค	แสดงกลไกของสารตกตะกอนที่มีผลต่อการเกิดเจลของโปรตีน	38
ภาคผนวก ง	แสดงผลการวัดค่าเนื้อสัมผัสและการวิเคราะห์ทางสถิติ	40
ภาคผนวก จ	แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสีทางสถิติของเต้าหู้ที่ความเข้มข้นของ GDL 0.8-1.2 %	54
ภาคผนวก ฉ	แสดงผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการวิเคราะห์ทางสถิติ	55
ประวัติผู้เขียน		59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

2.1 แสดงปริมาณองค์ประกอบต่างๆของเต้าหู้อ่อน 4

2.2 แสดงลักษณะประจำพันธุ์ของถั่วเหลืองสายพันธุ์เชียงใหม่ 60, สจ.4 และสจ.5 5

2.3 แสดงผลของการล้างกากถั่วเหลืองที่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติต่างๆ 10

4.1 แสดงผลของการใช้อุณหภูมิและเวลาในการแช่ถั่วที่แตกต่างกัน 24

4.2 แสดงผลของอัตราส่วนน้ำบดถั่วที่มีผลต่อลักษณะปรากฏของเต้าหู้อ่อน 25

4.3 แสดงผลของการใช้สารตกตะกอน GDL และแคลเซียมซัลเฟต ต่อลักษณะปรากฏของเต้าหู้อ่อน 27

4.4 แสดงผลการวัดเนื้อสัมผัสของเต้าหู้อ่อนเมื่อใช้ GDL ที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน 28

4.5 แสดงผลการวัดเนื้อสัมผัสของเต้าหู้อ่อนที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับเต้าหู้ตามท้องตลาด 29

4.6 แสดงผลการวัดสีในระบบHunterของเต้าหู้อ่อนที่ระดับความเข้มข้นของ GDL แตกต่างกัน 30

4.7 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเต้าหู้อ่อนที่ระดับของความเข้มของ GDL ต่างๆ 31

1ก แสดงองค์ประกอบโดยทั่วไปของเมล็ดถั่วเหลืองและพืชอื่น 36

1ข แสดงชนิดและปริมาณอะมิโนแอซิดในถั่วเหลืองเปรียบเทียบกับไข่ในปริมาณของอะมิโนแอซิด(กรัม) ใน 100 กรัมอาหาร 37

1ค แสดงกลไกของสารตกตะกอนที่มีผลต่อการเกิดเจลของโปรตีน 38

1ง แสดงผลการวัดค่าเนื้อสัมผัสและการวิเคราะห์ทางสถิติ 40

2ง แสดงการวิเคราะห์ผลทางสถิติของการวัดเนื้อสัมผัสของการวัดเนื้อสัมผัสของเต้าหู้อ่อน เมื่อใช้ความเข้มข้นของ 0.8-1.2 % 41

3ง แสดงค่าแรงกดสูงสุดของเต้าหู้อ่อนเมื่อใช้ความเข้มข้นของ GDL 0.8-1.2% เปรียบเทียบกับเต้าหู้จากท้องตลาด 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

4ง แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการวัดเนื้อสัมผัสของเต้าหู้อ่อนเมื่อใช้ความเข้มข้นของ GDL 0.8-1.2% เทียบกับเต้าหู้จากท้องตลาด 42

5ง แสดงค่า แรงกดสูงสุดของเต้าหู้อ่อนที่ระดับความเข้มข้นของ GDL 1% โดยอัตราส่วนน้ำที่ใช้บดถั่วต่อปริมาณถั่ว เท่ากับ 5:1 และ 8:1 43

6ง แสดงผลการการวิเคราะห์ทางสถิติของการวัดเนื้อสัมผัสของเต้าหู้อ่อนที่ระดับความเข้มข้นของGDL1% โดยอัตราส่วนน้ำที่ใช้บดถั่วต่อปริมาณถั่ว เท่ากับ 5:1 และ 8:1 43

1จ แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการวัดสีของเต้าหู้อ่อน เมื่อใช้ความเข้มข้นของ GDL 0.8-1.2% 54

1ฉ แสดงแบบสอบถามเพื่อประเมินผลทางประสาทสัมผัส โดยวิธี Hedonic scale 7-score 55

2ฉ แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติของกลิ่นเต้าหู้อ่อน เมื่อใช้ความเข้มข้นของ GDL 0.8-1.2% 56

3ฉ แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติของรสชาติเต้าหู้อ่อน เมื่อใช้ความเข้มข้นของ GDL 0.8-1.2% 56

4ฉ แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเนื้อสัมผัสเต้าหู้อ่อน เมื่อใช้ความเข้มข้นของ GDL 0.8-1.2% 57

5ฉ แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติของลักษณะปรากฏของเต้าหู้อ่อน เมื่อใช้ความเข้มข้น ของGDL 0.8-1.2% 57

6ฉ แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการยอมรับโดยรวมของเต้าหู้อ่อน เมื่อใช้ความเข้มข้นของGDL 0.8-1.2% 58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงภาชนะบรรจุเต้าหู้ชนิดต่างๆ	3
3.1 แสดงกรรมวิธีการผลิตเต้าหู้อ่อน	19
3.2 แสดงเครื่องวัดเนื้อสัมผัสรุ่น TA - XT2	20
3.3 แสดงการเตรียมตัวอย่างเพื่อวัดเนื้อสัมผัส โดยใช้แบบพิมพ์ สูง 1 นิ้ว (2.5 ซ.ม.) เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว 3 หุน (3.3 ซ.ม.)	21
3.4 แสดงการวัดคุณภาพของเต้าหู้อ่อนทางด้านเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส รุ่น TA -XT2 โดยใช้หัววัดทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มม.	21
3.5 แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการวัดสี	22
4.1 แสดงลักษณะปรากฏของเต้าหู้อ่อน	26
4.2 แสดงลักษณะปรากฏของเต้าหู้อ่อน (สี)	30
1ค แสดงกลไกการเกิดเจลของโปรตีนถั่วเหลืองโดยใช้ GDL และแคลเซียม-ซัลเฟตเป็นสารตกตะกอน	39
1ง กราฟแสดงค่าแรงกดของเต้าหู้อ่อนเมื่อใช้ GDL ที่ความเข้มข้น 0.9 %	44
2ง กราฟแสดงค่าแรงกดของเต้าหู้อ่อนเมื่อใช้ GDL ที่ความเข้มข้น 1.0%	45
3ง กราฟแสดงค่าแรงกดของเต้าหู้อ่อนเมื่อใช้ GDL ที่ความเข้มข้น 1.1 %	46
4ง กราฟแสดงค่าแรงกดของเต้าหู้อ่อนเมื่อใช้ GDL ที่ความเข้มข้น 1.0% และอัตราส่วนน้ำบดถั่วต่อปริมาณถั่ว เท่ากับ 8:1	47
5ง กราฟแสดงค่าแรงกดของเต้าหู้อ่อนตรานางพยาบาล	48
6ง กราฟแสดงค่าแรงกดของเต้าหู้อ่อนตราเกษตร	49
7ง กราฟแสดงค่าแรงกดของเต้าหู้อ่อนตรายั่งกี่	50
8ง กราฟแสดงค่าแรงกดของเต้าหู้อ่อนตราแม่และลูก	51
9ง ค่าแรงกดที่ใช้ในการกดเต้าหู้อ่อนที่ระดับความเข้มข้นGDLต่างๆ เปรียบเทียบกับเต้าหู้ตามท้องตลาด	52
10ง ค่าแรงกดที่ใช้ในการกดเต้าหู้อ่อนที่ระดับความเข้มข้น GDL ต่างๆ	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์มีราคาสูง ดังนั้นจึงมีความต้องการในการบริโภคโปรตีนจากพืชซึ่งมีราคาถูกกว่ามากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คือ ถั่วเหลือง (soy bean) เนื่องจากมีราคาถูก และเป็นอาหารที่มีประโยชน์ในการบำรุงร่างกาย โดยมีองค์ประกอบที่เป็นโปรตีนในปริมาณสูง นอกจากนี้ยังมีไขมันในรูปของมากกว่า 50 % polyunsaturated fatty acid (PUFA) , วิตามินที่ละลายได้ในไขมัน รวมทั้ง thiamine , nicotinic acid และ panthotenic acid ด้วย อย่างไรก็ตามถั่วเหลืองดิบจะมีองค์ประกอบของ anti-nutrition เช่น trypsin inhibitor และ Haemaglutenin อยู่ซึ่งสามารถถูกทำลายได้ด้วยความร้อน ดังนั้นขบวนการแปรรูปจึงมีผลต่อการใช้ประโยชน์ของสารอาหาร (Beddows and Wong,1987)

ในการแปรรูปถั่วเหลืองเมล็ดแห้งเป็นผลิตภัณฑ์ โดยมากนิยมนำมาแปรรูปเป็นเต้าหู้ชนิดต่างๆ เช่น เต้าหู้แข็ง เต้าฮวย เต้าหู้อ่อน ซึ่งได้รับความนิยมในการบริโภคสูงที่สุด เป็นต้น ในการผลิตเต้าหู้จะแบ่งย่อยได้เป็น 3 ขั้นตอน คือ

1. การแช่ยุ่ย (maceration) และการสกัด (extraction) อุณหภูมิและอัตราส่วนของน้ำ: ถั่ว มีความสำคัญต่อคุณภาพของเต้าหู้ ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับปริมาณโปรตีนที่สกัดได้

2. การให้ความร้อน(heating) และ การกรอง (filteration) อุณหภูมิที่ใช้ในการบดถั่วจะมีผลต่อความแข็งแรงของเต้าหู้ โดยความแข็งแรงจะเกี่ยวข้องกับปริมาณ sulhydryl group (SH) ในน้ำนมถั่วเหลือง นอกจากนี้อัตราส่วนของน้ำที่ใช้ในการบดถั่วก็มีผลต่อคุณภาพของเจลจากถั่วเหลืองด้วยเช่นกัน

3. การทำให้ตกตะกอน (coagulation) การใช้สารตกตะกอน GDL, calcuim sulphate เป็นต้น ความร้อนจะทำให้พันธะ disulfide ของสายโซ่โปรตีนแตกออก เมื่อเติมสารตกตะกอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมเลกุลโปรตีนในส่วนที่เป็น hydrophobic จะเกิดการจับตัวกัน เป็นโครงสร้างตาข่าย แล้วตกตะกอน(Beddows and Wong,1987)

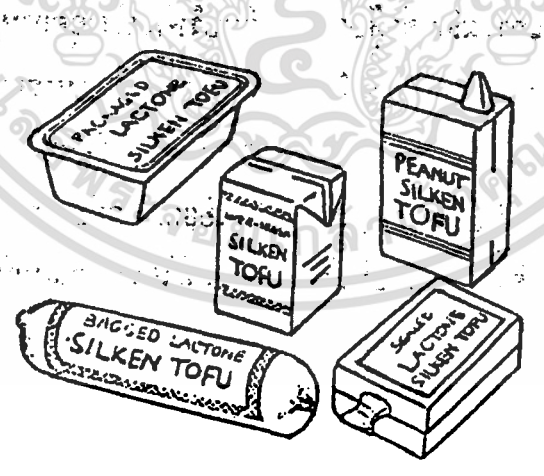
ในการศึกษาปัญหาพิเศษครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. เพื่อศึกษาถึงพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิตที่มีผลต่อคุณภาพของเต้าหู้อ่อน
2. เพื่อศึกษาถึงวิธีการทางกายภาพที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพของเต้าหู้อ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

เต้าหู้อ่อนเป็นผลิตภัณฑ์ที่จัดอยู่ในพวกเต้าหู้บรรจุภาชนะ (filled tofu) ชนิดหนึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างไปจากเต้าหู้แบบธรรมดาทั้งในกรรมวิธีการผลิต อายุการเก็บและความสะอาด เต้าหู้แบบธรรมดานั้นจะต้องทำการตกตะกอนในขณะที่นมถั่วเหลืองมีอุณหภูมิสูงแล้วจึงนำโปรตีนที่ตกตะกอนใส่ลงในพิมพ์ กดให้แน่นเป็นก้อน การผลิตต้องสัมผัสกับผู้ผลิตหรือสิ่งแวดล้อมตลอดเวลาทำให้มีจุลินทรีย์สูง เป็นเหตุให้มีอายุการเก็บสั้น สำหรับเต้าหู้อ่อนนั้นการตกตะกอนมักทำหลังจากที่ผสมสารตกตะกอนกับนมถั่วเหลืองเข้าด้วยกันที่อุณหภูมิต่ำ โดยใช้นมถั่วเหลืองที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วที่อุณหภูมิต่ำและใส่ภาชนะบรรจุแล้วจึงผ่านการให้ความร้อน จึงไม่มีโอกาสที่จะสัมผัสกับผู้ผลิต จุลินทรีย์ที่ หลงเหลืออยู่จะน้อยมาก ด้วยเหตุนี้เต้าหู้อ่อนจึงเก็บได้นาน (ณรงค์ , 2528) นอกจากนี้ยังมีเต้าหู้อื่นๆอีก 3 ชนิด คือ เต้าหู้บรรจุกล่องพลาสติก เต้าหู้บรรจุห่อพลาสติก และเต้าหู้บรรจุกล่องกระดาษสี่เหลี่ยม (tetra brix) ดังรูปที่ 1



ภาพที่2.1แสดงภาชนะบรรจุเต้าหู้ชนิดต่างๆ

ที่มา : ณรงค์ , 2528

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เต้าหู้อ่อนแบบบรรจุกล่องพลาสติกนั้นเป็นแบบที่นิยมกันมากในประเทศญี่ปุ่น มีราคาถูก แต่มีอายุการเก็บค่อนข้างสั้น ส่วนเต้าหู้อ่อนแบบบรรจุห่อพลาสติกและกล่องกระดาษนั้นมีอายุการเก็บได้นานกว่า อาจเก็บได้นานถึง 6 เดือนที่อุณหภูมิห้อง

ในบรรดาเต้าหู้เหล่านี้ คนไทยรู้จักเต้าหู้อ่อนหรือเต้าหู้หลอดมากที่สุด ทั้งนี้เพราะเต้าหู้อ่อนแบบนี้มีขายตามท้องตลาดโดยทั่วไป สามารถเก็บได้นาน ขนส่งได้สะดวก ทำให้ส่งไปขายได้ไกลๆจากโรงงานที่ผลิตมาก และผู้บริโภคก็นิยมรับประทาน เต้าหู้หลอดและเต้าหู้บรรจุภาชนะแบบอื่นๆ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้พัฒนาขึ้นในประเทศญี่ปุ่น โดยเริ่มในปี ค.ศ. 1960 เทคนิคการผลิตได้ก้าวหน้าเรื่อยมาจนกระทั่งในปัจจุบันสามารถผลิตได้โดยใช้เครื่องอัตโนมัติทั้งหมด

ตารางที่2.1 แสดงปริมาณองค์ประกอบต่างๆของเต้าหู้อ่อน

องค์ประกอบ	ปริมาณ
moisture (%)	90.0
crude protein (%)	4.5
crude fat (%)	3.2
ash (%)	0.6
Ca (mg%)	35.0

หมายเหตุ ได้จากวิเคราะห์เต้าหู้อ่อนที่ใช้อัตราส่วนน้ำบดถั่วต่อน้ำหนักถั่ว เท่ากับ 5: 1 และใช้ GDL เป็นสารตกตะกอน หรือใช้แคลเซียมคลอไรด์ , แคลเซียมซัลเฟต

ที่มา : K.Saino (1979)

2.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเต้าหู้อ่อน

2.1.1 ถั่วเหลือง

เป็นวัตถุดิบที่มีความสำคัญมาก โดยจะให้สารละลายโปรตีน ซึ่งทำหน้าที่เป็นเนื้อเต้าหู้ภายหลังการตกตะกอนแล้ว ด้วยเหตุนี้คุณภาพของถั่วเหลืองที่ใช้จึงมีคุณภาพสำคัญมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถั่วเหลืองที่ดีจะต้องมีของแข็ง(โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เกลือแร่ต่างๆ) ละลายออกมามาก และให้กลิ่นถั่วน้อย ไม่มีรสขม ให้นมที่มีสีขาว นอกจากนี้ขนาดของเมล็ดยังมีความสำคัญ ถั่วเหลืองที่มีเมล็ดขนาดใหญ่จะให้ส่วนที่เป็นเนื้อมาก สีของเมล็ดมีผลต่อสีของน้ำนมถั่วเหลือง หรือเต้าหู้อ่อน ถั่วเหลืองที่ตา (hilum) สีดำหรือสีเข้มมาก หรือการ เตรียม ถั่วเหลืองโดยไม่กำจัดเปลือกถั่วออกก่อนจะทำให้น้ำนมถั่วเหลืองหรือเต้าหู้อ่อน มี สีคล้ำ และของแข็งที่ละลายน้ำได้ก็มีความสำคัญเช่นกัน ถั่วเหลืองที่มีของแข็งที่ละลายน้ำได้มากจะให้ผลผลิตสูง (ณรงค์ , 2528) สำหรับถั่วเหลืองที่ปลูกในประเทศไทยนั้นก็มีอยู่หลายพันธุ์ แต่ละพันธุ์ก็มีคุณสมบัติแตกต่างกันไป ดังนี้

2.1.1.1. ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60

เป็นพันธุ์ผสมระหว่างพันธุ์วิลเลี่ยมกับสจ.4 ซึ่งพันธุ์วิลเลี่ยมเป็นพันธุ์ที่มีลักษณะดีเด่นคือให้ผลผลิตสูง ลำต้นแข็งแรง ส่วนพันธุ์ สจ.4เป็นพันธุ์ที่ทนทานต่อโรคราสนิม คุณภาพเมล็ดดี ดังนั้นลักษณะเด่นของพันธุ์เชียงใหม่คือ (กรมส่งเสริมการเกษตร,2531)

1. มีดอกสีขาวสามารถปลูกได้ทั้งฤดูแล้งและฤดูฝน
2. ทนทานต่อโรคราสนิมได้ดีกว่าพันธุ์ สจ.4 และสจ.5
3. ให้ผลผลิตสูง
4. ตอบสนองต่อปุ๋ยได้ดีกว่าพันธุ์ สจ.5
5. ทนทานต่อโรคแอนแทรกซ์โนส และโรคราน้ำค้างดีกว่าพันธุ์ สจ4. และสจ.5
6. เหมาะสำหรับปลูกได้กลายท้องที่เช่น เชียงใหม่ สุโขทัย เลย และสุพรรณบุรีเป็นต้น

เป็นสายพันธุ์ที่เหมาะสำหรับทำเต้าหู้อ่อนมาก ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดี (ณรงค์ , 2528)

2.1.1.2 ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.4

เป็นสายพันธุ์ที่ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่าง Acadian กับ Tainung ลักษณะเด่นของถั่วเหลืองพันธุ์นี้คือ มีความต้านทานต่อโรคราสนิม เป็นพันธุ์ที่มีเมล็ดกลม มีเปลือกสีเหลืองอ่อน ตาค่อนข้างมีสีน้ำตาลอ่อน (กรมส่งเสริมการเกษตร,2531) เหมาะสำหรับทำเต้าหู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อ่อน แต่ถั่วเหลืองพันธุ์นี้มีถั่วเหลืองพันธุ์นี้มีถั่วหินปะปนอยู่มากทำให้มีปัญหาในการบด(ณรงค์ , 2528)

2.1.1.3. สายพันธุ์สจ.5

เป็นลูกผสมระหว่างพันธุ์ สจ.2 กับ tainung เมล็ดสีเหลือง ขนาดใหญ่พอๆ กับพันธุ์ สจ.4 ค่อนข้างกลม ตามีสีน้ำตาลอ่อนจางๆ ให้ผลผลิตสูงในฤดูฝน (กรมส่งเสริมการเกษตร,2531) เหมาะสำหรับทำเต้าหู้อ่อน มีของแข็งละลายน้ำได้มาก ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีขาวน่ารับประทาน และมีกลิ่นดี (ณรงค์ , 2528)

ตารางที่2.2 แสดงลักษณะประจำพันธุ์ของถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60 สจ.4 และ สจ.5

ลักษณะ	เชียงใหม่ 60	สจ.4	สจ.5
1.สีดอก	ขาว	ม่วง	ม่วง
2.สีฝักเมื่อแก่จัด	เขียว	ม่วง	ม่วง
3.สีเมล็ด	เหลือง	เหลือง	เหลือง
4.สีตา	น้ำตาล	น้ำตาล	น้ำตาล
5.ลักษณะเมล็ด	กลม	ค่อนข้างกลม	ค่อนข้างกลม
6.อายุถึงเก็บเกี่ยว	97	99	98
7.น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)	14.5	14.0	14.0
8.เปอร์เซนต์น้ำมัน*	20.0	20.4	20.6
9.เปอร์เซนต์โปรตีน*	43.8	42.0	46.6
10.กรดไขมัน*			
- ปาลมิติค	12.75	11.57	10.79
- สเตียริค	3.78	3.66	3.05
- โอเลอิค	19.57	17.67	20.48
- ลิโนเลอิค	53.53	58.29	58.34
-ลิโนเลนิค	9.57	8.51	6.79

*วิเคราะห์โดยกองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร

ที่มา : กรมส่งเสริมการเกษตร(2531)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึงแม้จะเลือกสายพันธุ์ถั่วเหลืองอย่างถูกต้องแล้ว แต่การผลิตก็อาจมีปัญหาได้ ถ้าถั่วเหลืองนั้นเก็บไว้นานเกินไป การเก็บถั่วเหลืองนานจะมีผลทำให้เต้าหู้อ่อนมีกลิ่นรสไม่ดี และได้โปรตีนที่ละลายน้ำน้อยลง จากการค้นคว้าพบว่า ถั่วเหลืองที่มีอายุการเก็บไม่เกิน 6 เดือน จะให้นมถั่วเหลืองและเต้าหู้อ่อนที่มีคุณภาพดีมาก ซึ่งสามารถทำการทดสอบอายุของถั่วได้โดยทดสอบการงอก (ณรงค์, 2528)

2.1.2 น้ำ

น้ำมีความจำเป็นมากในการเตรียมนมถั่วเหลืองหรือเต้าหู้อ่อน น้ำที่เหมาะสมควรมีอุณหภูมิต่ำ สะอาด รสดี ซึ่งอุณหภูมิและความสะอาด จะมีผลต่ออายุการเก็บของเต้าหู้อ่อน น้ำที่ใช้อาจมาจากแหล่งใดก็ได้ แต่ถ้าเป็นน้ำบ่อจะมีคุณภาพดีกว่าน้ำประปา เพราะน้ำประปามีอุณหภูมิสูงและมีคลอรีนผสมอยู่ระหว่าง 0.225-2.000 ppm ซึ่งอาจทำให้เต้าหู้อ่อนมีกลิ่นและมีเนื้อนิ่มกว่าปกติ แต่ถ้าจำเป็นต้องใช้น้ำประปาควรผ่านกระบวนการกำจัดคลอรีนเสียก่อน โดยนำไปกรองผ่านผงถ่าน น้ำที่เหมาะสมควรมีปริมาณจุลินทรีย์ต่ำ และมีปริมาณโคลิฟอร์มไม่เกิน 2 ต่อน้ำ 1 มิลลิลิตร (ณรงค์ , 2528)

2.1.3 สารตกตะกอนโปรตีน(coagulant)

ในการผลิตเต้าหู้อ่อนนั้นจะต้องใช้สารเคมีบางชนิด เพื่อทำให้โปรตีนที่มีอยู่ในน้ำนมถั่วเหลืองตกตะกอนและจับตัวเป็นก้อน ซึ่งเป็นผลให้มีลักษณะเป็นเจลและนุ่ม สารเคมีที่นิยมใช้มีอยู่ 2 ชนิดคือ สารประกอบแคลเซียมซัลเฟต และสารกลูโคโนเดลต้าแลคโตน(GDL)

2.1.3.1 สารประกอบแคลเซียมซัลเฟต

เป็นสารประกอบที่อยู่ในรูปของยิปซัม มักจะเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็วถ้าสัมผัสกับอากาศ จึงไม่ควรเก็บไว้นานกว่า 1 ปี ถ้าเก็บไว้นานเกินไป ปริมาณที่ใช้จะต้องเพิ่มขึ้น และถ้าสามารถเก็บไว้ในสภาพสูญญากาศได้จะทำให้อายุการเก็บนานขึ้น ปริมาณที่ใช้ประมาณ 2.2 เปอร์เซนต์ของน้ำหนักถั่วแห้ง และต้องนำมาละลายน้ำก่อน ซึ่งจะต้องระมัดระวังไม่ให้สัมผัสกับน้ำเกิน 30 วินาที มิฉะนั้นปฏิกิริยา จะลดลงอย่างรวดเร็ว เหมาะสำหรับทำเต้าหู้ชนิดแข็ง (ณรงค์ ,2528)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.2 สารกลูโคโนเดลต้าแลคโตน (GDL)

ในประเทศญี่ปุ่นนิยมใช้กันสารประกอบนี้ในการทำเต้าหู้อ่อนกันมาก โดยนำไปผสมกับน้ำนมถั่วเหลืองที่มีอุณหภูมิต่ำ แล้วนำไปต้มให้ร้อน ซึ่งสารประกอบชนิดนี้จะเปลี่ยนเป็นกรดกลูโคนิค ทำให้น้ำนมถั่วเหลืองตกตะกอน

GDL เป็นผลึกสีขาว ละเอียด ไม่มีกลิ่นรส เตรียมได้จากแป้งข้าวโพดหมักด้วยจุลินทรีย์ การทำงานของGDLจะแตกต่างไปจากการทำงานของสารประกอบแคลเซียมซัลเฟตมาก กล่าวคือสารGDLจะให้กรดทำให้โปรตีนตกตะกอน ในขณะที่สารประกอบแคลเซียมซัลเฟตนั้นตัวของมันเองทำให้โปรตีนตกตะกอน โดยปกติจะใช้สาร GDL กับการผลิตเต้าหู้อ่อนเท่านั้น ไม่ใช้กับเต้าหู้แข็ง เต้าหู้อ่อนที่ได้จะมีลักษณะเหมือนเจล นิ่ม ไม่มีกลิ่นรส ก่อนใช้ควรละลายในน้ำเย็นเล็กน้อย ก่อนใส่ในน้ำนมถั่วเหลืองไม่ควรตั้งทิ้งไว้นานเกิน 10 นาที ในปัจจุบัน นิยมใช้สาร GDL ผสมกับ แคลเซียมซัลเฟตในอัตราส่วน 8: 2 กล่าวกันว่าของผสมนี้จะทำให้เต้าหู้อ่อนมีรสดีกว่าการใช้ GDL อย่างเดียว (ณรงค์ , 2528)

2.2 วิธีการผลิตเต้าหู้อ่อน

การผลิตเต้าหู้อ่อนอาจแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนแรกเป็นการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองให้มีความเข้มข้นพอเหมาะ ให้ปราศจากกลิ่นรส ขั้นที่สองเป็นการนำนมถั่วเหลืองที่ได้ไปตกตะกอนในภาชนะบรรจุ

2.2.1. การผลิตน้ำนมถั่วเหลือง ขั้นตอนต่างๆพอสรุปได้ดังนี้

2.2.1.1 การกำจัดเปลือกถั่วเหลือง ถั่วเหลืองที่กำจัดเปลือกออกจะให้น้ำนมถั่วเหลืองที่มีกลิ่นถั่วน้อย ไม่มีรสขม และมีสีขาวน่ารับประทาน นอกจากนี้ยังใช้กากถั่วเหลืองเป็นอาหารได้อีกด้วย แต่ถ้าใช้ถั่วเหลืองทั้งเปลือกจะให้ผลตรงกันข้าม กล่าวคือมีกลิ่นถั่วแรง สีคล้ำและมีรสขม การกำจัดเปลือกถั่วออกจะต้องนำถั่วไปโม่ผ่าซีกก่อนนำไปแช่น้ำ เครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดเปลือกออกคือโม่หิน โดยปรับระยะระหว่างฟันให้เหมาะพอที่จะให้เมล็ดถั่วเหลืองแตกเท่านั้น นำถั่วที่โม่ผ่าซีกแล้วไปแยกเอาเปลือกออกโดยใช้สีฝัดหรือลมเป่า

2.2.1.2 การแช่ถั่วเหลือง ถั่วเหลืองที่ใช้ทำนมถั่วเหลืองควรผ่านการแช่น้ำก่อนบดเนื่องจากจะทำให้บดได้ง่าย มีของแข็งและโปรตีนละลายน้ำได้มากขึ้น การแช่น้ำอาจใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาต่างๆกัน ขึ้นอยู่กันอุณหภูมิของน้ำ พันธุ์และอายุของถั่วเหลือง ก่อนจะนำถั่วเหลืองไปแช่น้ำควรจะล้างน้ำก่อนเพื่อกำจัดฝุ่นละอองและสิ่งสกปรกอื่นๆ ซึ่งจะมีผลทำให้นมถั่วเหลืองมีสีและกลิ่นผิดปกติ ปริมาณน้ำที่ใช้แช่ไม่ควรต่ำกว่า 3 เท่าของน้ำหนักถั่วเหลืองแห้ง อุณหภูมิของน้ำถ้าต่ำมากจะใช้เวลาแช่นาน ประมาณ 16-24 ชั่วโมง แต่ถ้าอุณหภูมิสูง เช่น ในฤดูร้อนของประเทศไทยเวลาที่ใช้แช่จะลดลง นอกจากนี้ถั่วเหลืองที่เก็บไว้นานหรือมีขนาดเล็ก เนื้อแข็งหรือมีปริมาณน้ำมันสูง ควรใช้เวลาแช่น้ำนานขึ้น หลังจากที่แช่จนได้ที่แล้วน้ำหนักถั่วเหลืองจะเพิ่มขึ้น 2.2-2.3 เท่า การใช้เวลาในการแช่ถั่วเหลืองมากหรือน้อยจนเกินไปจะมีผลทำให้ปริมาณเต้าหู้ที่ได้ลดน้อยลง และถ้าน้ำที่ใช้แช่ถั่วมีโซเดียมคาร์บอเนตเล็กน้อยจะทำให้เต้าหู้อ่อนมีรสดีขึ้น แต่ถ้าใส่มากเกินไปจะทำให้มีรสเฝื่อน ซึ่งเกิดจากpH กล่าวคือถ้ามี pHสูงจะทำให้มีรสขมหรือรสติดลิ้น โดยปกติแล้วนมถั่วเหลือง pH ประมาณ 6.6-6.7 จะมีรสดีที่สุด

การสังเกตดูความพอดีของการแช่ถั่วเหลืองประการแรกให้สังเกตดูก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ถ้าแช่ถั่วเหลืองนานเกินไปจะมีฟองก๊าซชนิดนี้เกิดขึ้น แต่อย่างไรก็ตามถั่วเหลืองจะยังคงมีคุณภาพดีอยู่พอที่จะใช้ทำนมถั่วเหลืองได้ ประการที่สองให้สังเกตดูเปลือกถั่ว ถั่วที่แช่น้ำจนได้ที่จะมีเปลือกเต่งตึง สีสดใส แต่ถ้าเปลือกเริ่มเหี่ยวย่นแสดงว่าแช่น้ำนานเกินไป ประการสุดท้ายให้ทดลองบี้เมล็ดถั่วเหลืองด้วยนิ้วมือ ถ้าเมล็ดแตกออกง่ายแสดงว่าแช่ถั่วเหลืองได้ที่แล้ว

2.2.1.3 การบดถั่วเหลือง นำถั่วเหลืองที่แช่จนได้ที่แล้วมาล้างให้สะอาด 2-3 ครั้ง นำไปโม่ให้ละเอียด โดยควรผสมน้ำลงไปด้วย และควรมีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 80 องศาเซลเซียส เพื่อลดเวลาที่ต้มให้น้อยลง หากในการบดใช้น้ำร้อนมาก จะมีผลทำให้ถั่วบดมีลักษณะหยาบ และโปรตีนละลายออกมาน้อยมาก

2.2.1.4 การต้ม เป็นขั้นตอนที่ทำหลังจากโม่ถั่วเหลืองจนละเอียดแล้ว มีจุดมุ่งหมายหลายประการคือ เพื่อ

- เป็นทำลายสาร trypsin inhibitor และ Hemaglutenin ที่มีอยู่ในถั่ว ซึ่งเป็นสารที่ทำให้ทำให้ร่างกายใช้โปรตีนได้น้อยลง
- ทำให้นมถั่วเหลืองมีกลิ่นดีขึ้น
- ทำให้สกัดนมถั่วเหลืองออกได้ง่าย
- เปลี่ยนรูปโปรตีนให้อยู่ในรูปที่ตกตะกอนได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณน้ำที่ใช้จะมีความสำคัญมาก ถ้าใช้มากเกินไปจะได้นมถั่วเหลืองที่เจือจาง ไม่เหมาะสำหรับทำเต้าหู้หลอด ในทางตรงกันข้ามถ้าใช้น้ำน้อยเกินไปจะสกัดโปรตีนออกมาได้น้อย โดยปกติปริมาณน้ำที่ใช้สำหรับการทำนมถั่วเหลืองจะประมาณ 4-6 เท่าของน้ำหนักถั่วแห้ง นมถั่วเหลืองที่ได้จะมีปริมาณของแข็งอยู่ประมาณ 10.5-12.0 เปอร์เซนต์

2.2.1.5 การกรองเอากากออก มักทำหลังจากที่นำถั่วบดไปต้มกับน้ำแล้ว การกรองเป็นการแยกเอาส่วนที่ละลายน้ำได้ออกจากส่วนที่ไม่ละลายน้ำ ในประเทศญี่ปุ่นส่วนใหญ่นิยมต้มถั่วบดก่อนที่จะนำไปกรอง การต้มจะเป็นการลดความหนืดของถั่วเหลืองให้น้อยลงทำให้กรองได้ง่าย พร้อมทั้งมีโปรตีนและของแข็งอื่นๆละลายออกมาได้มากด้วย เพราะน้ำทำให้โปรตีนแยกตัวกันในขณะถูกความร้อน ไม่จับตัวกันเป็นก้อนซึ่งเป็นลักษณะที่แตกต่างไปจากโปรตีนที่มีอยู่ในเมล็ดถั่วเหลือง จากการค้นคว้าพบว่าเมื่ออุณหภูมิของน้ำอยู่ระหว่าง 45-85 องศาเซลเซียส จะมีโปรตีนละลายออกมามากที่สุด

2.2.1.6 การล้างกาก ถึงแม้จะมีการแยกกากออกมาจากนมถั่วเหลืองแล้วก็ตาม กากที่เหลือยังมีโปรตีนอยู่มาก ควรนำกากมาล้างด้วยน้ำร้อนอีกอย่างน้อย 1 ครั้ง จะช่วยให้โปรตีนละลายออกมามากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำที่ใช้ร่วมกันจะต้องไม่มากกว่าปริมาณที่ต้องการ ดังแสดงในตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2.3 แสดงผลของการล้างกากถั่วเหลืองที่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติต่างๆ

	Water: bean ratio		
	8:1[+]	2:1[+]	10:1[*]
Milk			
Solid recovered (%)	55.3	6.4	58.3
Protein recovered (%)	77.5	3.4	74.2
Curd			
Net yield (g/g dry bean)	3.73		3.75
Water retention (g/g dry soy bean)	3.18		3.02
Solid recovered (bean to tofu) (%)	55.3		52.9
Protein recovered (bean to tofu) (%)	80.1		72.4
Penetration(mm)	4.7		5.3
Solid conversion (milk to tofu) (%)	89.8		90.3
Protein conversion (milk to tofu) (%)	99.7		97.5

*ใช้น้ำในการบดถั่วในอัตราส่วน 10 : 1 โดยไม่ได้มีการล้างกากตะกอน จากนั้นวิเคราะห์องค์ประกอบนมถั่วเหลืองและเต้าหู้ที่ได้

+ใช้อัตราส่วนน้ำบดถั่วต่อถั่วเท่ากับ 8:1 ในตอนเริ่มแรก และใช้น้ำอีก 2 ส่วนล้างกากตะกอน เพื่อปรับให้ได้อัตราส่วน 10 : 1 จากนั้นวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำที่ใช้ในการบดถั่วตอนแรก , น้ำที่ใช้ในการล้างกากตะกอน และเต้าหู้ที่ได้จากการผลิตด้วยวิธีนี้

ที่มา : Beddows and Wong (1987)

2.2.2 การตกตะกอนโปรตีน

การตกตะกอนโปรตีนเป็นขั้นตอนที่ทำให้นมถั่วเหลืองที่เตรียมไว้จับตัวกันเป็นก้อนมีลักษณะเหมือนเจล การตกตะกอนอาจทำได้โดยใช้สารแคลเซียมซัลเฟตหรือสาร GDL การตกตะกอนโปรตีนสำหรับเต้าหู้อ่อนแตกต่างไปจากการตกตะกอนเพื่อผลิตเต้าหู้แบบอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่าวคือ จะต้องใส่สารเคมีในขณะที่นมถั่วเหลืองมีอุณหภูมิต่ำ แล้วจึงเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น สำหรับขั้นตอนในการตกตะกอนมีดังนี้

2.2.2.1 การผสมสารตกตะกอน นำนมถั่วเหลืองที่เตรียมไว้มาทำให้อุณหภูมิต่ำลง ผสมสาร GDL ลงไปคนให้เข้ากัน

2.2.2.2 การบรรจุ บรรจุนมถั่วเหลืองที่ผสมกับสารตกตะกอนแล้วลงในถุงตามปริมาณที่กำหนดไว้ ถุงที่ใช้อาจเป็นถุงโพลิเอทธิลีน หรือ ถุงโพลีสไตรีนก็ได้ มีขนาดความจุประมาณ 300-350 มิลลิลิตร ยาว 5-7 นิ้ว และหนา 0.05 มิลลิเมตร แต่ถ้าเป็นถุงไวลินิดีนคลอไรด์จะสามารถทน ความร้อนได้ดี ไม่เหี่ยวย่นเมื่อบรรจุถุง จากนั้นปิดผนึกถุงให้แน่น

2.2.2.3 การให้ความร้อน นำถุงพลาสติกที่บรรจุเรียบร้อยแล้วไปใช้ในน้ำร้อน ถ้าใช้สาร GDL น้อยจะใช้เวลาในการตกตะกอนนาน ในทางตรงกันข้ามถ้าใช้สาร GDL มากจะใช้เวลาตกตะกอนน้อยลง ในระหว่างทำให้ร้อนสาร GDL จะสลายตัวให้กรดกลูโคนิค มีลักษณะเหมือนเจลและอุ้มของแข็งอื่นๆไว้ในเจลนี้

2.2.2.4 การทำให้เย็น นำถุงที่ผ่านความร้อนแล้วลงแช่ในน้ำเย็นทันที โดยใช้เวลาแช่ประมาณ 1-2 ชั่วโมง หลังจากนั้นจะต้องเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ

2.3 ปัญหาการผลิตและความผิดปกติของเต้าหู้หลอด

2.3.1 การเกิดฟอง

ฟองมักเกิดขึ้นเสมอในขณะทำนมถั่วเหลือง และเป็นปัญหามากในการผลิตเต้าหู้อ่อน เนื่องจากในขณะที่ทำการต้มถั่วเหลืองที่บดแล้วจะเกิดไอน้ำขึ้น ไอน้ำนี้จะถูกล้อมรอบด้วยของเหลวที่มีลักษณะเป็นคอลลอยด์ที่มีความตึงผิวสูง ทำให้เกิดฟองขึ้นและเป็นฟองที่ไม่แตกง่าย ทำให้เกิดการสะสมและล้นออกจากภาชนะ ฟองอากาศนี้เมื่อเข้าไปปนเปนอยู่ในเนื้อเต้าหู้อ่อนจะทำให้มีอายุการเก็บสั้นลงและลักษณะปรากฏไม่น่ารับประทาน ดังนั้นการป้องกันการเกิดฟองในขณะที่ทำนมถั่วเหลืองจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง อาจทำได้โดยการเติมสารเคมีที่เรียกว่า "สารระงับฟอง" (defoamer) (ณรงค์ , 2528)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 กลิ่นถั่ว

2.3.2.1 สารที่ทำให้เกิดกลิ่นถั่ว

กลิ่นถั่วเป็นปัญหาต่อการยอมรับของผู้บริโภคมาก สารที่ทำให้เกิดกลิ่นถั่วจะเป็นพวก Volatile compound สำหรับในถั่วเหลืองดิบจะมีจำนวนของพวกแอลกอฮอล์สูงที่สุด โดยเฉพาะ n-hexanol ซึ่งทำให้เกิด raw beany flavor แอลกฮอล์ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ในขณะทำการแช่ถั่วเหลือง และ cabonyl compounds ต่างก็เป็นตัวสำคัญที่ทำให้เกิดกลิ่นรสของ defated product และ isolated protein ซึ่งสารที่ให้กลิ่นถั่วที่แรงที่สุดคือ ไวนิลคีโตน จากการทดลองพบว่า lipoxygenes activity มีส่วนสัมพันธ์กับการเกิด n-hexanol ใน isolated protein โดย n-hexanol เป็นตัวสำคัญที่ทำให้เกิดกลิ่นใน soy protein (ทศพร,2527)

2.3.2.2 สาเหตุของการเกิดกลิ่นถั่ว

จะเห็นได้ว่าตัวการที่ทำให้เกิดกลิ่น ได้แก่ เอนไซม์ไลปอกซีจีเนส (lipoxygenase) ซึ่งเป็นเอนไซม์ ที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันที่มี cis,cis-1-4-pentadiene ซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว เช่น ๆ Linoleic ,Linolenic และ Arachidonic acid เป็นต้น ทำให้เกิด peroxidation ซึ่งจะมีผลต่อรสชาติ กลิ่น และ สีโดยเฉพาะในถั่ว

เมื่อองค์ประกอบของเมล็ดถั่วถูกทำลายหรือบดแตก ปริมาณของไขมันและไลปอกซีจีเนส จะถูก ionized ออกมา ถ้าหากถั่วเหลืองมีความชื้นต่ำกว่า 13% เอนไซม์ตัวนี้จะไม่เกิดปฏิกิริยาทันทีกับกรดไขมัน แต่เมื่อมีน้ำเติมเข้าไปเพิ่มปริมาณความชื้นขึ้น การออกซิไดส์ของกรดไขมันก็จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและเกิดกลิ่นที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับได้ ดังนั้นถ้าเรายับยั้ง (inactivate) เอนไซม์ไลปอกซีจีเนสเสียก่อน เช่น การลวกน้ำร้อน ก็สามารถทำให้กลิ่นถั่วลดลงได้ (ทศพร ,2527)

สรุปการยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์ไลปอกซีจีเนสไว้ดังนี้คือ

1. บดถั่วด้วยน้ำร้อน (gringing with hot water)
2. dry heating-extrusion cooking
3. ลวกน้ำร้อน (blanching)
4. บดถั่วที่ pH ต่ำ แล้วตามด้วยทำให้สุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้กลิ่นถั่วอาจจะเกิดจากปฏิกิริยาของไขมันเช่น hydrolysis, decarboxylation ,dehydration , autoxidation ซึ่งขบวนการเหล่านี้ทำให้เกิดองค์ประกอบหลายอย่าง และอาจมีการฟอร์มตัวขึ้นใหม่เป็นพวก Volatile compound ต่างๆซึ่งมีผลต่อกลิ่นรสของถั่ว

2.3.2.3 วิธีการกำจัดกลิ่นถั่ว

(ก) การใช้วิธีทางเคมีกายภาพ (Physical-Chemical)

การใช้ความร้อนสามารถกำจัดกลิ่นถั่วให้ลดลงได้ นอกจากนี้ยังสามารถทำลาย trypsin inhibitor และ Hemaglutenin ที่มีอยู่ในถั่ว ในการป้องกันการเกิดกลิ่นถั่วอาจทำได้โดยการบดถั่วเหลืองที่อุณหภูมิสูง ในทางปฏิบัติมักจะนำถั่วที่แช่น้ำจนพองดีแล้วไปบดกับน้ำร้อน ความร้อนจะทำลายเอนไซม์ทันทีที่ถั่วเหลืองถูกบดโดยไม่โอกาสทำงาน หรือเปลี่ยนไขมันให้เกิดเป็นสารประกอบต่างๆดังกล่าวมาแล้ว แต่ความร้อนเป็นตัวที่ทำให้โปรตีนเปลี่ยนสภาพไปได้ ในกรณีที่ใช้ความร้อนมากเกินไปและนานเกินไป จะทำให้การละลายของไนโตรเจนลดลง (ทศพร ,2527)

(ข) การใช้สารเคมีกำจัดกลิ่นถั่ว

สารประกอบจำพวกแอลกอฮอล์ไม่สามารถทำลายได้ด้วยความร้อน แต่สามารถกำจัดได้ด้วยการใช้ในสารละลายด่าง เช่น สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต สำหรับผลการกำจัดกลิ่นถั่วด้วยสารเคมีต่อคุณค่าทางอาหารของถั่วเหลือง พบว่าการใช้ 0.4M โซเดียมคาร์บอเนต คุณค่าทางอาหารไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก และการใช้ 0.2M NaOH จะทำให้โปรตีนลดลง เนื่องจากมีการทำลายกรดอะมิโน เช่น cystine และจากการศึกษาของ Mapgor and Cubta (1976) พบว่าการ แช่ถั่วและการให้ความร้อนด้วยการเติมโซเดียมไปคาร์บอเนตจะสามารถลด beany flavorได้ถึง 8 %

(ค) การใช้จุลินทรีย์กำจัดกลิ่นถั่ว

(ง) การใช้เอนไซม์ในการกำจัดกลิ่นถั่ว

ได้มีการศึกษาการใช้เอนไซม์ aldehyde dehydrogenes (ALDH) และ (NAD+) oxidoreductase ,EC 1.2.1.3 พบว่า การใช้เอนไซม์ ALDH จะมีผลทำให้ n-hexanol ในถั่วเหลืองลดลง โดยเปลี่ยนไปเป็น n-hexanoic acid ซึ่งจะเพิ่มขึ้นหลังจาก treat ด้วยALDH ร่วมกับ NAD+ นอกจากนี้อาจใช้ ALDH ในการปรับปรุงกลิ่นของนมถั่วเหลืองได้ด้วย อย่างไรก็ตามค่าใช้จ่ายในวิธีนี้แพงมาก (ทศพร,2527)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3. เต้าหู้มีสีคล้ำ

สาเหตุเนื่องมาจากการเลือกพันธุ์หรือการเตรียมถั่วเหลืองที่ไม่ถูกต้อง เต้าหู้อ่อนที่ผลิตจากถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.1 และ สจ.2 ซึ่งมีตาสีดำ จะทำให้เต้าหู้อ่อนมีสีคล้ำ ถ้าจำเป็นต้องใช้ถั่วเหลืองทั้งสองพันธุ์นี้ควรกำจัดเปลือกออกก่อน หรืออาจเกิดจากเก็บถั่วเหลืองไว้นานสีของถั่วจะคล้ำลงตามธรรมชาติ เมื่อนำไปทำเป็นเต้าหู้อ่อนก็จะให้สีคล้ำด้วย นอกจากนี้การล้างถั่วเหลืองก็มีผลต่อสีของเต้าหู้อ่อน โดยการล้างถั่วที่ไม่สะอาดพอจะทำให้สิ่งปนเปื้อน เช่นหิน ฝุ่นละอองปะปนไปในเต้าหู้อ่อนด้วย

2.3.4 การแยกชั้น (syneresis)

การแยกชั้นของเต้าหู้อ่อน อาจพบได้เมื่อเก็บเต้าหู้หลอดไว้ระยะหนึ่ง ลักษณะเช่นนี้เกิดจากการใช้ถั่วที่เก็บไว้นานเกิดไป โปรตีนจะละลายออกมาได้น้อย และส่วนที่ละลายออกมาก็ไม่อยู่ในรูปสารละลายคอลลอยด์แท้จริง เมื่อนำไปทำเป็นเต้าหู้อ่อนก็จะเกิดเป็นเจลที่ไม่อยู่ตัว ทำให้เกิดการแยกชั้นของน้ำและโปรตีน นอกจากนี้ปริมาณของสารตกตะกอนที่ใช้ก็มีความสำคัญมาก ถ้าใช้มากเกินไปโปรตีนจะจับตัวกันแน่น ทำให้เต้าหู้มีเนื้อหยาบ และเกิดการแยกชั้นเมื่อตั้งทิ้งไว้นาน

2.3.5 เนื้อหยาบ

ลักษณะเนื้อหยาบนี้อาจเกิดจากการใช้สารตกตะกอนมากเกินไป หรือใช้น้ำที่มีความกระด้างสูง เช่น น้ำที่มีเกลือแคลเซียมหรือแมกนีเซียมอยู่ ทำให้การตกตะกอนเป็นไปอย่างรวดเร็วเมื่อได้รับความร้อน เต้าหู้อ่อนที่ได้จะมีเนื้อหยาบไม่น่ารับประทาน การแก้ไขอาจทำโดย การควบคุมปริมาณสารตกตะกอนให้พอเหมาะ และใช้น้ำที่ผ่านการกำจัดความกระด้างมาแล้ว

2.3.6 เนื้อนิ่มเละ

เป็นลักษณะที่เกิดจากการใช้สารตกตะกอนน้อยเกินไปหรือนมถั่วเหลืองมีส่วนของของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยเกินไป การแก้ไขอาจทำได้โดยเพิ่มปริมาณสารตกตะกอนให้มากขึ้น หรือเตรียมนมถั่วเหลืองให้มีความเข้มข้นมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.7 การเน่าเสีย

ลักษณะที่ปรากฏให้เห็นคือมีฟอง เกิดขึ้นมาก ลักษณะเช่นนี้อาจเกิดจากปิดถุงที่ไม่สนิท หรือใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อต่ำเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ ถั่วเหลืองสายพันธุ์เชียงใหม่60จากสถาบันวิจัยพืชไร่ จังหวัดเชียงใหม่

3.1.2 สารเคมี กลูโคโนเดลต้าแลคโตน (GDL)

แคลเซียมซัลเฟต

3.1.3 น้ำกลั่น

3.2 อุปกรณ์

เครื่องวัดสี

เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (รุ่น TA-XT2)

หัววัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร

เครื่องโม่หิน

เครื่องชั่งสาร

เครื่องปั่น ยี่ห้อโมลิเนกซ์ รุ่น 643

Water bath

เทอร์โมมิเตอร์

บีกเกอร์

ถุงพลาสติก ชนิดทนร้อนขนาดกว้างxยาว เท่ากับ 6.4 x 21 ซม.

แบบพิมพ์สูง 1 นิ้ว (2.5 ซ.ม.) เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว 3 หุน (3.3 ซ.ม.)

เตาแก๊ส

อุปกรณ์อื่นๆที่จำเป็นในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วิธีการทดลอง

ทำการทดลองดังนี้ คือ

3.3.1 ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเต้าหู้อ่อน โดยทำการศึกษา อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการแช่ถั่ว ศึกษา 2 สภาวะ คือ

3.3.1.1 ใช้อัตราส่วนน้ำกลั่นต่อถั่วเมล็ดแห้งเท่ากับ 8:1 แช่ถั่วที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ณรงค์, 2528)

3.3.1.2 ใช้อัตราส่วนน้ำกลั่นต่อถั่วเมล็ดแห้งเท่ากับ 8:1 แช่ถั่วที่อุณหภูมิสูง 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

ทั้ง 2 สภาวะจะทดลองโดย อัตราส่วนน้ำที่ใช้บดถั่วต่อถั่วเหลืองเมล็ดแห้งเท่ากับ 5:1 ใช้สารตกตะกอนคือ GDL เข้มข้น 1 %

3.3.2 อัตราส่วนน้ำที่ใช้ในการบดถั่ว ทำการศึกษา 2 สภาวะคือ

3.3.2.2 อัตราส่วนน้ำ : ถั่ว (น้ำหนักแห้ง) เท่ากับ 5:1 (ณรงค์,2528)

3.3.2.3 อัตราส่วนน้ำ : ถั่ว (น้ำหนักแห้ง) เท่ากับ 8:1 (Tsai, et al.1981)

ทั้ง 2 สภาวะจะทดลองโดย ใช้อัตราส่วนน้ำในการแช่ถั่ว เท่ากับ 8:1 แช่ที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ใช้สาร GDL เป็นสารตกตะกอนเข้มข้น 1%

3.3.3 ชนิดของสารตกตะกอน : ทดลองใช้สารเคมี 2 ชนิดคือ

3.3.3.2 GDL 1% ของน้ำหนักถั่วแห้ง

3.3.3.3 แคลเซียมซัลเฟต (Calcium sulfate) 2.2 %ของน้ำหนักถั่วแห้ง

ทำการทดลองโดยใช้อัตราส่วนน้ำแช่ถั่วต่อถั่ว เท่ากับ 8:1 แช่ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง อัตราส่วนน้ำที่ใช้ในการบดถั่วต่อถั่ว (น้ำหนักแห้ง) เท่ากับ 5:1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

96455

3.4 ศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของสารตกตะกอนที่มีต่อคุณภาพเต้าหู้อ่อน

จากผลการทดลองในขั้นที่หนึ่งจะได้สภาวะที่ใช้ในการทำเต้าหู้อ่อน ซึ่งในขั้นตอนนี้จะทำการศึกษาถึงระดับความเข้มข้นของสาร GDL (0.8%,0.9%,1.0%,1.1% และ 1.2%)ที่มีผลต่อคุณภาพของเต้าหู้อ่อนในด้านเนื้อสัมผัส สี และทางด้านประสาทสัมผัส

3.4.1 วิธีทดลอง ดังภาพ

ถั่วเหลืองสายพันธุ์เชียงใหม่ 60

↓

นำไปโม่ผ่าซีก

↓

ชั่งถั่วเหลือง 500 g

↓

ล้างด้วยน้ำสะอาด 3 ครั้ง เพื่อกำจัดสิ่งสกปรก

↓

แช่ถั่วในน้ำกลั่น อัตราส่วนน้ำ:ถั่ว เท่ากับ 8:1
อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง

↓

ล้างถั่วให้สะอาด

↓

ปั่นถั่วด้วยน้ำร้อน อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส
อัตราส่วนน้ำต่อถั่ว(น้ำหนักแห้ง) เท่ากับ 5:1
โดยใช้เครื่องปั่นความเร็ว 10 ,000 rpm เป็นเวลา 3 นาที

↓

ต้มส่วนผสมที่ได้จนเดือด เป็นเวลา 3 นาที

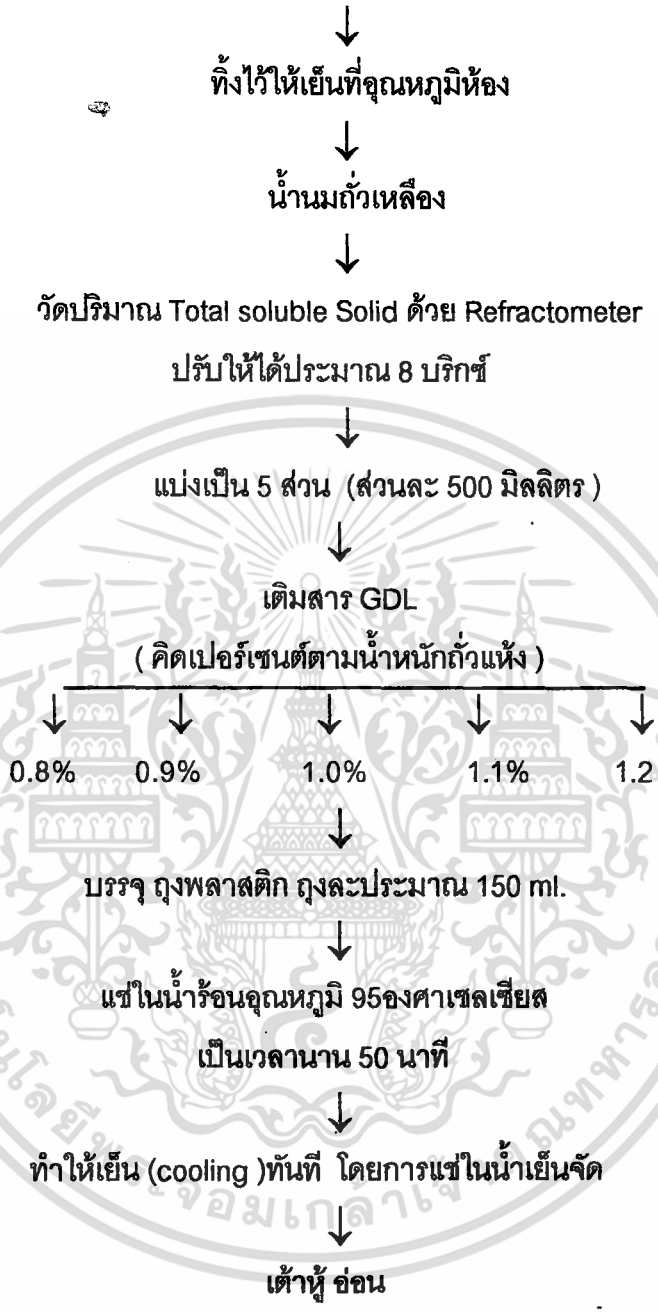
↓

กรองด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น

↓

ล้างกากที่ได้โดยปรับให้มีปริมาณสุดท้ายตามอัตราส่วนที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 แสดงกรรมวิธีการผลิตเต้าหู้อ่อน

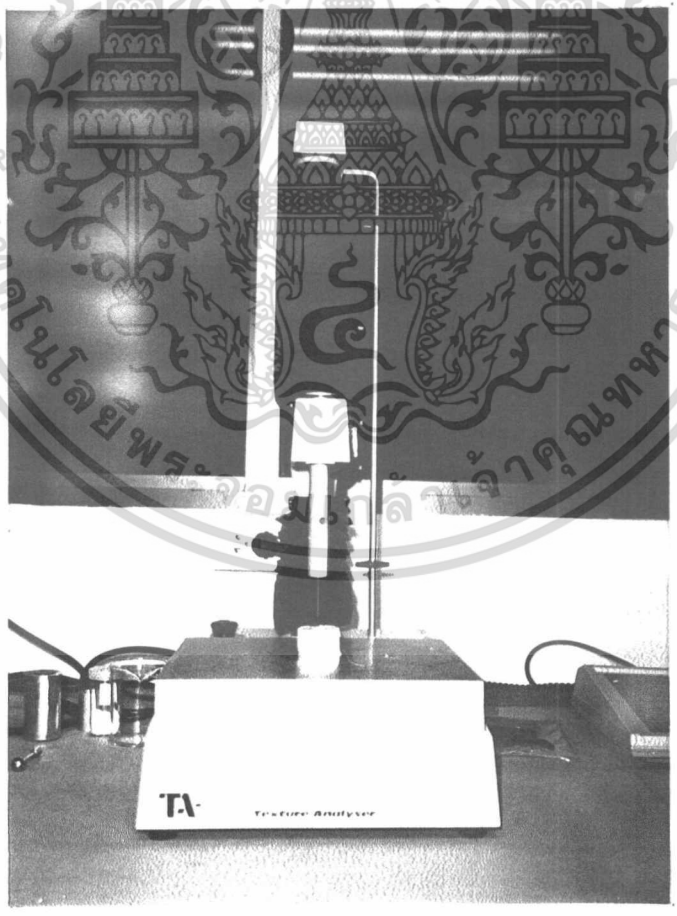
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การตรวจสอบคุณภาพของเต้าหู้อ่อน

ทำการตรวจสอบคุณภาพของเต้าหู้อ่อนที่ผ่านการเติมGDL ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆและเต้าหู้ตามท้องตลาด 4 ยี่ห้อ คือ ตรานางพยาบาล , ตราเกษตร, ตราฮั้งกี่ และตราแม่และลูก ทางด้านเนื้อสัมผัส (รายงานเป็นค่าแรงกด หน่วยเป็นกรัม) สี (รายงานเป็นค่าในระบบ Hunter , L a b) และการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

3.4.2.1 การวัดเนื้อสัมผัส

วิเคราะห์โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texturometer) รุ่น TA - XT2 ใช้หัววัด compression probe ทรงกระบอกอะลูมิเนียมเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.6 มิลลิเมตร ความเร็ว 1.8 มิลลิเมตร / วินาที กดบนเต้าหู้ที่มีขนาดสูง 2.5 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลาง 3.3 ซม. โดยกดลงไปเป็นระยะทาง 80% ของความสูงเต้าหู้



ภาพที่ 3.2 แสดงเครื่องวัดเนื้อสัมผัสรุ่น TA - XT2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่3.3 แสดงการเตรียมตัวอย่างเพื่อวัดเนื้อสัมผัส โดยใช้แบบพิมพ์ สูง 1 นิ้ว (2.5 ซ.ม.) เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว 3 หุน (3.3 ซ.ม.)

ภาพที่3.4 แสดงการวัดคุณภาพของเต้าหู้อ่อนทางด้านเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส รุ่น TA -XT2 โดยใช้หัววัดทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

3.4.2.2 การทดสอบคุณภาพสีของเต้าหู้

ทำการวัดสีด้วยเครื่องมือวัดสี โดยวัดในระบบ Hunter แล้วแสดงผลในรูปตัวแปร 3 เทอม ได้แก่ L ,a,b ซึ่งค่า L (lightness) จะหมายถึงค่าความสว่างหรือความขาว ค่า a ที่เป็นค่า + คืออยู่ภายใต้อิทธิพลของสีแดง a ที่เป็นค่า - คืออยู่ภายใต้อิทธิพลของสีเขียว ส่วน b ที่เป็นค่า+ คืออยู่ภายใต้อิทธิพลของสีเหลือง และ b ค่า - คืออยู่ภายใต้อิทธิพลของสีน้ำเงิน ในการทดลองจะทำการวัดสีเปรียบเทียบกับตัวอย่างตามท้องตลาด และ วัดค่าสีในเทอมของ L และ b เพื่อบอกคุณลักษณะของสี เนื่องจากมีอิทธิพลต่อสีของตัวอย่างเต้าหู้อ่อน

ภาพที่ 3.5 แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการวัดสี

3.4.2.3 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส (Organoleptic evaluation)

การตัดสินใช้หลักของ Hedonic scale ใช้คะแนนการยอมรับจาก 1-7คะแนน โดยที่ 1 หมายถึงชอบน้อยที่สุด และ 7 หมายถึง ชอบมากที่สุดทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยใช้นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร จำนวน 10 คน ตัวอย่างที่ทดสอบเป็นเต้าหู้อ่อนบรรจุถุงพลาสติก ที่ระดับความเข้มข้นของ GDL เป็น 0.8% ,0.9%,1.0%,1.1% และ 1.2 %ของน้ำหนักถั่วแห้ง โดยทดสอบคุณภาพทางด้าน กลิ่น , รสชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ และการยอมรับโดยรวม จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี Analysis of Variance : AOV (Randomized Block Design ; RCD) และ Duncan' s New Multiple Range Test ; DMRT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเต้าหู้

4.1.1 ผลของอุณหภูมิในการแช่ถั่ว

ผลของอุณหภูมิในการแช่ถั่วต่อลักษณะปรากฏของเต้าหู้อ่อน เมื่อใช้อัตราส่วนของน้ำบดต่อน้ำหนักถั่วแห้งเท่ากับ 5:1 และใช้ GDLความเข้มข้น 1% เป็นสารตกตะกอน แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงผลของการใช้อุณหภูมิและเวลาในการแช่ถั่วที่แตกต่างกัน

อุณหภูมิและเวลาในการแช่ถั่ว	ลักษณะถั่วเหลือง	ลักษณะปรากฏของเต้าหู้
7 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง	ถั่วที่แช่น้ำมีลักษณะผิวเต่งตึง และมีขนาดใหญ่	เต้าหู้มีลักษณะเนื้อเนียนเรียบ มีสีขาว รสชาติดี มีกลิ่นถั่วน้อย ไม่เกิด syneresis
80 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง	ถั่วเหลืองมีขนาดใหญ่กว่าเดิมไม่มากนัก บางเมล็ดเหี่ยว	ไม่เกิดการฟอร์มเจลของโปรตีน เกิด syneresis มีน้ำแยกชั้นออกมาจากเจลเป็นจำนวนมาก

การใช้อุณหภูมิสูงมากในการแช่ถั่ว เช่นในการทดลองใช้ที่ 80 องศาเซลเซียส อาจทำให้การดูดซึมน้ำของเมล็ดถั่วลดลง ดังพิจารณาจากขนาดของเมล็ดถั่วเหลืองที่ไม่ขยายตัวขึ้นหลังจากการแช่ไว้เป็นเวลา 3 ชั่วโมง การที่ถั่วเหลืองไม่สามารถดูดซึมน้ำอาจเป็นผลให้การสกัดโปรตีนในขั้นต่อมาทำได้น้อยลง เป็นผลให้ไม่เกิดการฟอร์มเจลเมื่อเติมสารตกตะกอน GDL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ผลของอัตราส่วนน้ำที่ใช้ในการบดถั่ว

ผลของอัตราส่วนน้ำบดถั่วต่อถั่วที่ 5:1 และ 8:1 ต่อลักษณะปรากฏของเต้าหู้อ่อน เมื่อใช้สารตกตะกอน GDL 1% แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลของอัตราส่วนน้ำบดถั่วที่มีผลต่อลักษณะปรากฏของเต้าหู้อ่อน

อัตราส่วนน้ำบดต่อถั่ว	ลักษณะปรากฏของเต้าหู้
5:1	มีเนื้อเรียบเนียน สีขาว เจลมีความยืดหยุ่นดี เกิดsyneresis น้อย
8:1	มีเนื้อเรียบเนียน สีขาว เจลนิ่มมาก เกิด syneresis มากกว่า อัตราส่วน 5:1

การที่เจลเต้าหู้ที่เกิดจากการใช้อัตราส่วนน้ำบดถั่วต่อถั่วที่ 8:1 มีลักษณะนิ่มมาก เกิด syneresis สูง อาจเป็นผลมาจากปริมาณโปรตีนที่มีอยู่ในน้ำนมถั่วเหลืองไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดเจลที่มีโครงสร้างแข็งแรง ที่จะสามารถเก็บกัก (trap) น้ำที่มีอยู่ในปริมาณมากกว่าอัตราส่วน 5:1 ได้

4.1.3 ผลของชนิดของสารตกตะกอน

ผลของชนิดสารตกตะกอน GDL และ แคลเซียมซัลเฟตต่อลักษณะปรากฏของเต้าหู้อ่อน เมื่อใช้อัตราส่วนน้ำบดถั่วต่อถั่วที่ 5:1 แสดงดังรูปที่ 4.1 และตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่4.1 แสดงลักษณะปรากฏของเต้าหู้อ่อน

บน เมื่อใช้ GDL เป็นสารตกตะกอน

ล่าง เมื่อใช้แคลเซียมซัลเฟตเป็นสารตกตะกอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลของการใช้สารตกตะกอน GDL และ แคลเซียมซัลเฟตต่อลักษณะปรากฏของเต้าหู้อ่อน

สารตกตะกอน	ลักษณะปรากฏของเต้าหู้
GDL 1 %	เนื้อเนียนเรียบ สีขาว มีความยืดหยุ่นดี เกิด syneresis น้อย
แคลเซี่ยมซัลเฟต 2.2%	เนื้อหยาบ ไม่เรียบ มีสีเข้มกว่า การใช้ GDL เกิด syneresis สูง

การที่เจลที่ได้จากการใช้เกลือแคลเซียมซัลเฟต 2.2% มีลักษณะเนื้อหยาบ มีรูพรุน เกิด syneresis มาก อาจเกิดจากแคลเซียมไอออนเข้ารวมตัวกับ aggreate ของโปรตีน เป็นผลทำให้การตกตะกอนของโปรตีนเกิดขึ้นได้เร็วกว่าการใช้ GDL (Kohyama. et al.,1995) ตะกอนของโปรตีนที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้การฟอร์มเจลเกิดขึ้นอย่างหลวมๆ ทำให้ได้เจลที่มีลักษณะเนื้อหยาบ การลดปริมาณของแคลเซียมซัลเฟตหรือการใช้ร่วมกับ GDL อาจทำให้เจลที่มีเกิดลักษณะเนียนเรียบ เกิด syneresis ต่ำ (ณรงค์, 2528)

4.2 อิทธิพลของความเข้มข้นของสารตกตะกอนที่มีผลต่อคุณภาพเต้าหู้อ่อน

4.2.1. ผลการวัดเนื้อสัมผัส

ผลของการวัดเนื้อสัมผัสของเต้าหู้อ่อนเมื่อใช้อัตราส่วนน้ำแช่ถั่วต่อน้ำหนักถั่ว 8:1 อัตราส่วนน้ำบดถั่วที่ 1: 5 และใช้ระดับความเข้มข้นของสารตกตะกอน GDLต่างๆแสดงดังตารางที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.4 ตารางแสดงผลการวัดเนื้อสัมผัสของเต้าหู้ เมื่อใช้ GDL ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน

% GDL	Maximum Force (g)
0.8%	174.9697 [a]
0.9%	185.3860 [a]
1.0%	231.4837 [ab]
1.1%	259.7627 [b]
1.2%	286.8073 [b]

[ab]คือ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรตัวเดียวกันแสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อทำการทดลองโดยใช้ตัวอย่าง 3 ซ้ำ

เมื่อความเข้มข้นของ GDL สูงขึ้น Maximum Force (ภาคผนวก ง) ที่อ่านจากจุดสูงสุดของกราฟ Compression เมื่อระดับการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (deformation) เท่ากับ 80% มีค่าสูงขึ้น แสดงให้เห็นว่าเมื่อความเข้มข้นของสารตกตะกอนเพิ่มจาก 0.8% เป็น 1.2% ความแข็งของเจลเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับเจลเต้าหู้ตามท้องตลาด (ตารางที่ 4.5) เต้าหู้หลอดจากการทดลองมีความแข็งน้อยกว่าเต้าหู้ตามท้องตลาด ยกเว้นเมื่อเปรียบเทียบกับตราแม่และลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.5 ตารางแสดงผลการวัดเนื้อสัมผัสของเต้าหู้ที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับเต้าหู้ตามท้องตลาด

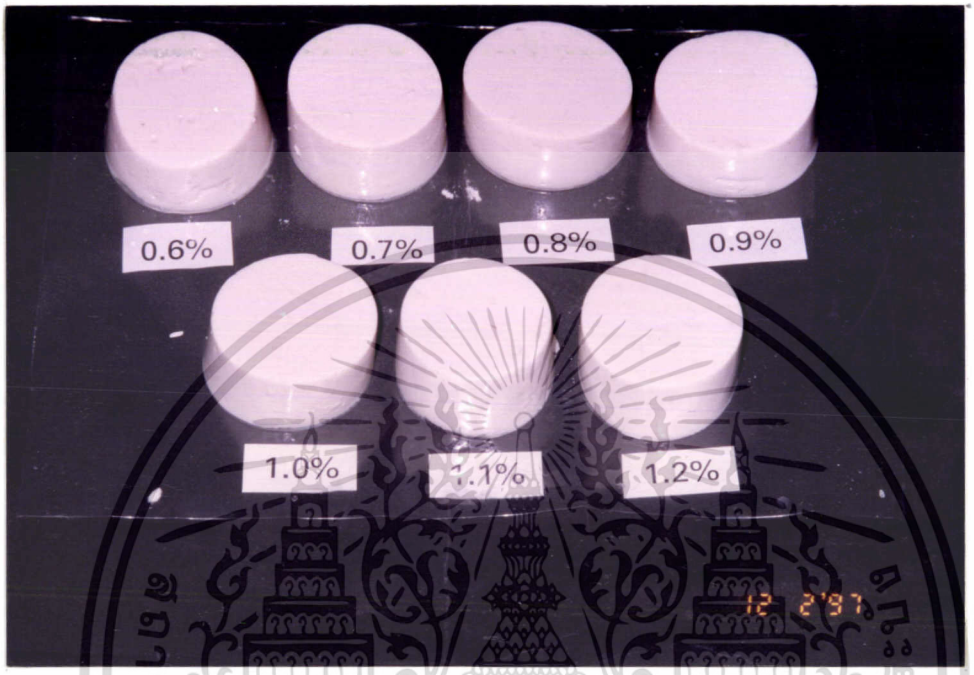
เต้าหู้	Force (g)
GDL 0.8%	174.97 [a]
GDL 0.9%	185.39 [a]
GDL 1.0%	231.48 [b]
GDL 1.1%	259.76 [bc]
GDL 1.2%	286.81 [cd]
ตรานางพยาบาล	341.57 [e]
ตราเกษตร	325.92 [de]
ตราฮั้งกี่	318.40 [de]
ตราแม่และลูก	177.78 [a]

[abcde] ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรตัวเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อทำการทดลองโดยใช้ตัวอย่าง 3 ซ้ำ

4.2.2 ผลการวัดค่าสี

ลักษณะปรากฏและสีของเต้าหู้อ่อน เมื่อใช้อัตราส่วนน้ำแช่ถั่วต่อน้ำหนักถั่วที่8:1 อัตราส่วนน้ำบดถั่วต่อถั่วที่ 5 :1 ที่ระดับความเข้มข้นของตัวตกตะกอน GDL ต่างๆแสดงดังภาพที่ 4.2 และตารางที่ 4.6 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่4.2 แสดงลักษณะปรากฏของเต้าหู้อ่อน

ตารางที่4.6 แสดงผลการวัดค่าสีในระบบ Hunter ของเต้าหู้ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน

% GDL	$L_{average}$	$a_{average}$	$b_{average}$
0.8	87.38[a]	0.106	13.109
0.9	87.59[a]	0.161	12.996
1.0	87.50[a]	0.157	13.042
1.1	87.91[a]	0.114	12.756
1.2	88.23[a]	0.229	12.525

[a]ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรตัวเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่าเฉลี่ยที่ได้หาได้จากตัวอย่างจำนวน 10 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะปรากฏของเจลที่มองด้วยตาเปล่าจะไม่เห็นความแตกต่างของสี เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดสี ค่า L ซึ่งหมายถึงสีขาวของเจล ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) อย่างไรก็ตามเจลที่ใช้ %GDL น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.9% เมื่อตั้งทิ้งไว้จะเกิด syneresisมากกว่า

4.2.3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของเต้าหู้อ่อน เมื่อใช้อัตราส่วนน้ำแช่ถั่วต่อน้ำหนักถั่ว 8 :1 อัตราส่วนน้ำบดถั่วต่อถั่วที่ 5:1 ที่ระดับความเข้มข้นของสารตกตะกอน GDL ต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่4.7 ตารางแสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเต้าหู้ที่ระดับความเข้มข้นของ GDL ต่างๆ

	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส				
%GDL	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	รสชาติ	ลักษณะปรากฏ	การยอมรับโดยรวม
0.8%	4.4^{a}	4.6^{ab}	4.7^{a}	5.4^{a}	4.6^{a}
0.9%	4.4^{a}	4.5^{ab}	4.9^{a}	6.0^{a}	5.0^{ab}
1.0%	4.5^{a}	6.1^{c}	5.5^{a}	5.8^{a}	6.1^{b}
1.1%	4.6^{a}	4.5^{b}	4.7^{a}	5.1^{a}	5.2^{a}
1.2%	4.8^{a}	3.7^{a}	3.4^{b}	4.6^{a}	2.9^{c}

^{abc}**ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรเดียวกันตามแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น** 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเต้าหู้อ่อน

ปัจจัยต่างๆในขบวนการผลิตจะมีผลต่อคุณภาพของเต้าหู้อ่อน ทั้งทางด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และสีของเต้าหู้ ซึ่งเมื่อทำการทดลองสภาวะต่างๆ จะให้ผลดังนี้

5.1.1 ในการทดลองหาอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการแช่ถั่ว พบว่า การแช่ถั่วในน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง จะได้เต้าหู้ที่มีลักษณะปรากฏและคุณภาพดีและเกิด syneresis น้อย แต่การแช่ถั่วที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นั้นไม่เกิดเจลของโปรตีน

5.1.2 การศึกษาหาอัตราส่วนน้ำบด : ถั่ว ที่เหมาะสม พบว่า เมื่อใช้ อัตราส่วนน้ำ : ถั่ว เท่ากับ 5:1 จะได้เต้าหู้อ่อนที่มีเนื้อสัมผัสเนียนเรียบและเนื้อแน่น กว่า การใช้น้ำบดต่อถั่ว เท่ากับ 8:1 ซึ่งจะได้เต้าหู้ที่มีเนื้อเนียนเรียบแต่นิ่ม มากเกินไป และค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดเนื้อสัมผัสจะอ่านค่าได้ เท่ากับ 231.48 g และ 139.51 g ตามลำดับ

5.1.3 ชนิดของสารตกตะกอนที่ใช้ ถ้าใช้สาร GDL 1% ของน้ำหนักถั่วแห้ง จะได้เต้าหู้ที่มีลักษณะเนียนเรียบ สีขาว น่ารับประทาน แต่ ถ้าใช้ แคลเซียมซัลเฟต เข้มข้น 2.2 % ของน้ำหนักถั่วแห้ง พบว่าเต้าหู้มีสีคล้ำ เนื้อหยาบ มีน้ำในภาชนะบรรจุมาก และทำให้เกิดการตกตะกอนของโปรตีนอย่างรวดเร็ว

5.1.4 จากผลการทดลองในข้อ 1 ถึง ข้อ 3 สรุปสภาวะที่จะใช้ควบคุมการผลิตเต้าหู้อ่อนได้ดังนี้ อัตราส่วนน้ำที่ใช้ในการแช่ถั่วต่อถั่ว(น้ำหนักแห้ง) เท่ากับ 8:1 แช่ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ใช้อัตราส่วนน้ำบดต่อถั่ว (น้ำหนักแห้ง) เท่ากับ 5:1 และเลือกใช้ GDL เข้มข้น 1%เป็นสารตกตะกอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.5 จากการประเมินผลคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่า เมื่อใช้ความเข้มข้นของ GDL 0.8-1.2% จะไม่พบความแตกต่างของ กลิ่น และ ลักษณะปรากฏ แต่หากใช้ความเข้มข้นของ GDL 1.2% จะทำให้มีรสเฝื่อน และมีเนื้อสัมผัสหยาบ

5.1.6 ที่ความเข้มข้น GDL 1% จะได้รับการยอมรับโดยรวมมากที่สุด

5.2 การศึกษาถึงอิทธิพลความเข้มข้นของสารตกตะกอนต่อคุณภาพของเต้าหู้อ่อน

จากการทดลองในขั้นที่หนึ่งจะได้สภาวะที่เหมาะสมในการทำเต้าหู้อ่อน เพื่อใช้เป็นสภาวะในการควบคุมการทำการทดลองในขั้นตอนที่ 2 คือ การศึกษาความเข้มข้นของสารตกตะกอนที่เหมาะสมต่อไปนั้นพบว่า

5.2.1 การวัดคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส ค่าแรงกด (compression test) จะมีแนวโน้มสูงมากขึ้นเมื่อ ระดับความเข้มข้นของสารตกตะกอนมาก ขึ้น

5.2.2 การเปรียบเทียบเต้าหู้อ่อนที่ทำการทดลองกับเต้าหู้ตามท้องตลาดจะเห็นว่า เต้าหู้ตรานางพยาบาลมีค่าแรงกดสูงที่สุด และมีค่ามากกว่าเต้าหู้ที่มีความเข้มข้นของสารตกตะกอน1.2 % ซึ่งในทางสถิติมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

5.1.2.3 เมื่อวัดค่าสีด้วยเครื่อง Chroma meter โดยทำการวัดในระบบ Hunter (L,a,b) ของเจลที่เปอร์เซนต์ความเข้มข้น 0.8,0.9,1.0,1.1,1.2 %GDL พบว่าเจลมีความขาวค่อนข้างมาก และมีความเหลืองเล็กน้อย เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าสีที่ได้กันจะพบว่าไม่มีความแตกต่างของค่าสีระหว่างกลุ่มของแต่ละความเข้มข้นของ GDL ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ข้อเสนอแนะ

1. **เมื่อเปรียบเทียบเต้าหู้ที่ได้จากการทดลองกับเต้าหู้ตามท้องตลาดพบว่า เมื่อตัดทิ้งไว้ เต้าหู้ที่ได้จากการทดลองจะเกิดการ syneresis มากกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก เต้าหู้ตามท้องตลาดอาจมีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ เช่น แป้ง เพื่อช่วยในเก็บกักน้ำ และเพื่อเป็นการช่วยลดต้นทุนในการผลิต**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การผลิตในระดับอุตสาหกรรมอาจใช้สาร GDLผสมรวมกับสารแคลเซียมซัลเฟต หรือใช้แคลเซียมคลอไรด์ เป็นสารตกตะกอน

3. เมื่อใช้แคลเซียมซัลเฟตเป็นสารตกตะกอน เต้าหู้ที่ได้จะมีเนื้อสัมผัสที่หยาบ และเกิด syneresis สูงทั้งนี้อาจเนื่องมากจาก แคลเซียมซัลเฟตจะทำให้โปรตีนเกิดการตกตะกอนอย่างรวดเร็วแม้ในขณะที่ไม่ได้มีการให้ความร้อน ซึ่งจะแตกต่างกับกรณีของการใช้ GDL เป็นสารตกตะกอน โดย GDL จะทำให้โปรตีนตกตะกอนเมื่อมีการให้ความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2531. ถั่วเหลือง . เอกสารวิชาการ

ณรงค์ นิยมวิทย์. 2528. เต้าหู้หลอด. อาหาร .15(4) ,224-243.

ทศพร ยศสมบัติ. 2527 .การกำจัดกลิ่นถั่วของถั่วเหลืองเพื่อทำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มหมัก.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ .กรุงเทพมหานคร .

Beddows C.G. and J. Wong .1987. Optimization of yield and properties of silken tofu from soybeans. International Journal of Food Science and Technology.22,15-34.

Kohyama K., Sano Y. and E. doi .1995. Rheological Characteristics and Gelation Machanism of Tofu (Soybean curd). Journal of Agriculture Food Chemistry .43,1808-1812.

Saio K. 1979. Tofu-relationships Between Texture and Fine Structure. Journal of Cereal Food World. 24:8, 342-354 .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

<u>ตารางที่</u>1ก แสดงองค์ประกอบโดยทั่วไปของเมล็ดถั่วเหลืองและพืชอื่น

เมล็ดถั่วเหลืองเป็นพืชที่มีองค์ประกอบของโปรตีนสูง 30-46 % และไขมัน 12-14%

ในปริมาณ 100 กรัมประกอบด้วย	ถั่วเหลืองทั้งเปลือก	ถั่วเขียวทั้งเปลือก	ข้าวโพด (แห้ง)	ข้าวสาร
น้ำ	11.6	6.6	11.0	11.0
พลังงานความร้อน (แคลอรี่)	320.0	356.0	372.0	367.0
ไขมัน (กรัม)	17.6	1.0	3.3	0.6
คาร์โบไฮเดรต(กรัม)	31.5	67.5	73.0	4.04
โปรตีน(กรัม)	34.5	21.1	11.0	7.3
แคลเซี่ยม(มก.)	246.0	128.0	28.0	8.0
ฟอสฟอรัส(มก.)	263.0	320.0	287.0	148.0
เหล็ก (มก.)	10.0	5.9	4.4	1.0

ที่มา :

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

<u>ตารางที่</u> 1 ข แสดงชนิดและปริมาณอะมิโนแอซิด ในถั่วเหลืองเปรียบเทียบกับไข่ ใน ปริมาณของอะมิโนแอซิด (กรัม) ใน100กรัมอาหาร

อะมิโนแอซิด	ถั่วเหลือง	ไข่
Tryptophan	0.526	0.211
Treonine	1.504	0.637
Isolucine	2.054	0.850
Leucine	2.946	1.126
Lycine	2.414	0.819
Methionine	0.513	0.401
Cystine	0.678	0.299
Phenylalnine	1.889	0.739
Tyrosine	1.216	0.551
Valine	2.005	0.950
Arginine	2.763	0.840
Histidine	0.911	0.307
Alanine	1.571	-
Asphatic acid	4.633	1.897
Glutamic acid	7.010	1.583
Glycine	1.595	0.455
Protine	2.567	0.543
Serine	2.494	1.075

ที่มา :

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

กลไกของ สารตกตะกอนที่มีผลต่อการเกิดเจลของโปรตีน

ในโปรตีนของถั่วเหลือง มีองค์ประองค์กอบที่สำคัญคือ 11s และ 7s globulin เป็นโปรตีนที่มีหมู่ SH (sulhydry group) เมื่อถูกความร้อนจะเกิดพันธะ disulfide เกิดขึ้น การเกิดปฏิกิริยานี้จะเกิดได้และมีความเสถียรเมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นด่าง (pH 9.0) หรือที่สภาวะ pH 7.6 เมื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงของเจลจาก 11s กับ 7s พบว่า เจลจาก 7s เนื่องมาจากว่า 11s มีปริมาณ SH group อยู่มากกว่า 11s ในปริมาณมาก

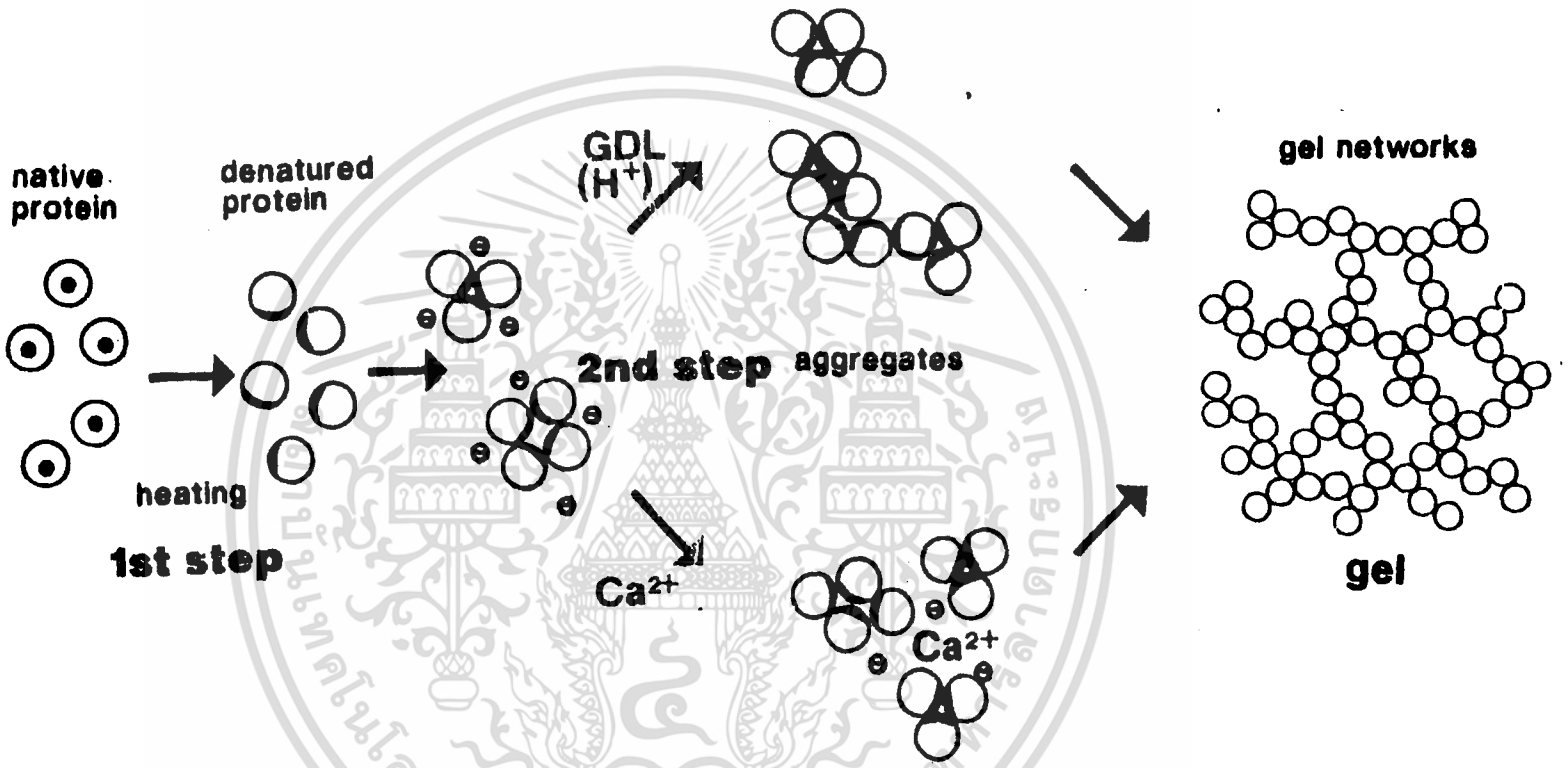
การเกิดพันธะ disulfide จะเกิดขึ้นเมื่อมีการให้ความร้อนก่อนหรือหลังการใส่สารตกตะกอนก็ได้ แต่จะไม่เกิดระหว่างการใส่สารตกตะกอน เนื่องมาจากสภาวะขณะนั้นเป็นกรด การเกิด disulfide จะช้ามาก (Kohyama et..al ,1995)

ในการเกิดเจลของโปรตีน

ขั้นที่ 1 โปรตีนจะถูกทำให้สูญเสียทางสภาพธรรมชาติโดยใช้ความร้อน และเกิดการรวมตัวกันของหมู่ไฮโดรฟิลลิค(hydrophillic) โปรตีนของถั่วเหลือง มีโครงสร้างแบบ globular structure ภายในจะเป็นกลุ่มของไฮโดรโฟบิค เมื่อถูกความร้อน โปรตีนจะเสียสภาพทางธรรมชาติ (denature) กลุ่มของไฮโดรโฟบิคจะออกมาอยู่ด้านนอกและมีค่าประจุรวมของโมเลกุลเป็นลบ

ขั้นที่ 2 เมื่อใส่สารตกตะกอน GDL จะให้โปรตอน ส่วนแคลเซียมซัลเฟต(++) ซึ่งจะไปจับกับประจุลบของโมเลกุลโปรตีนที่สูญเสียสภาพทางธรรมชาติ ทำให้ประจุรวมเป็นกลาง เกิดการรวมตัวกันแบบ Randomของหมู่ไฮโดรโฟบิค จนเกิดเป็นโครงร่างตาข่าย ซึ่งจะเกิดขึ้นใกล้กับจุด Isoelectric Point

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1ค แสดงกลไกของการเกิดเจลของโปรตีนถั่วเหลืองโดยใช้ GDL และเคลเซียมซัลเฟตเป็นสารตกตะกอน

: O คือโมเลกุลของโปรตีน ● ภายในคือส่วนของไฮโดรโฟบิค

ภาคผนวก ง.

แสดงผลการวัดค่าเนื้อสัมผัสและการวิเคราะห์ทางสถิติ

<u>ตารางที่</u> 1ง แสดงค่าแรงกดสูงสุดของเต้าหู้อ่อนเมื่อใช้ความเข้มข้นของ GDL 0.8-1.2%

ชนิด	Force (g)
0.8% GDL	152.118
	258.919
	111.472
เฉลี่ย	174.170
0.9% GDL	185.737
	193.005
	177.416
เฉลี่ย	185.386
1.0%GDL	231.591
	230.553
	232.307
เฉลี่ย	231.484
1.1%GDL	258.918
	260.656
	259.714
เฉลี่ย	259.763
1.2%GDL	287.600
	287.773
	285.049
เฉลี่ย	286.807

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2ง แสดงการวิเคราะห์ผลทางสถิติของการวัดเนื้อสัมผัสของเต้าหู้อ่อนเมื่อใช้ความเข้มข้นของ GDL 0.8-1.2%

Source	df	SS	MS	F cal	Ftable 4,10
Treatment	4	27575.460	6893.865	5.8776*	3.48
Error	10	11729.138	1172.91		
Total	14	39304.60			

* แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

ตารางที่3ง แสดงค่าแรงกดสูงสุดของเต้าหู้อ่อนเมื่อใช้ความเข้มข้นของ GDL 0.8-1.2% เปรียบเทียบกับเต้าหู้จากท้องตลาด

ชนิด	Force (g)
0.8% GDL	152.118
	258.919
	111.472
เฉลี่ย	174.170
0.9% GDL	185.737
	193.005
	177.416
เฉลี่ย	185.386
1.0%GDL	231.591
	230.553
	232.307
เฉลี่ย	231.484
1.1%GDL	258.918
	260.656
	259.714
เฉลี่ย	259.763
1.2%GDL	287.600
	287.773
	285.049
เฉลี่ย	286.807

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิด	Force(g)
ตรานางพยาบาล	347.168
	349.674
	327.911
เฉลี่ย	341.568
ตราเกษตร	324.616
	327.344
	325.786
เฉลี่ย	325.915
ตราฮั่งกี่	316.132
	318.856
	320.222
	318.403
ตราแม่และลูก	176.664
	178.930
	177.725
เฉลี่ย	177.773

<u>ตารางที่</u>4ง แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการวัดเนื้อสัมผัสของเต้าหู้อ่อนเมื่อใช้ความเข้มข้นของ GDL 0.8-1.2% เทียบกับเต้าหู้จากท้องตลาด

Source	df	SS	MS	F cal	Ftable 8,18
Treatment	8	106408.892	13301.111	19.9066**	3.71
Error	18	12027.150	668.175		
Total	26	118436.042			

** แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง5ง แสดงค่าแรงกดสูงสุดของเต้าหู้อ่อนที่ระดับความเข้มข้นของ GDL 1% โดยอัตราส่วนน้ำที่ใช้บดถั่วต่อปริมาณถั่ว เท่ากับ 5:1 และ 8:1

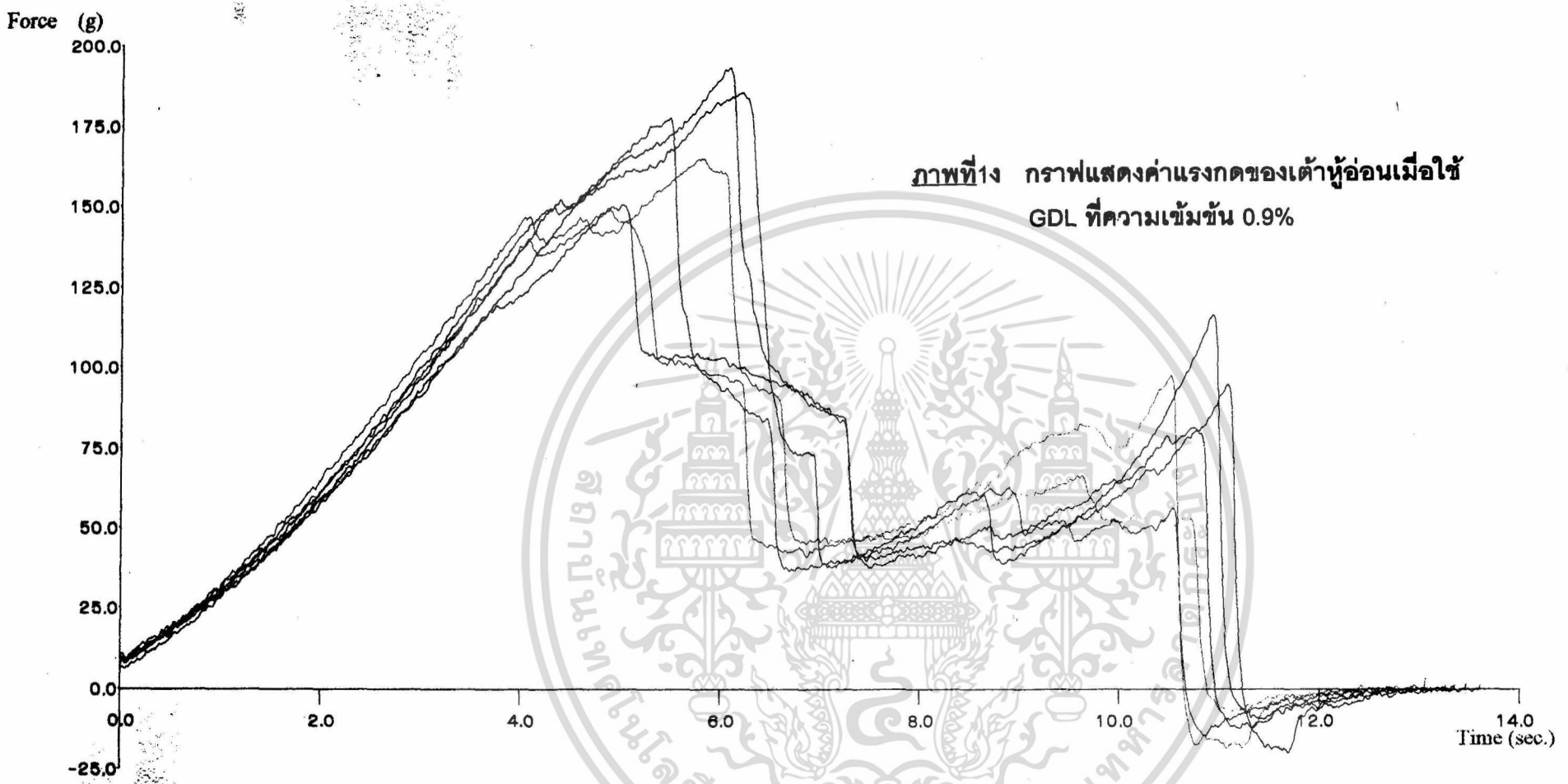
ชนิด	Force(g)
5:1	231.591
	230.553
	232.307
เฉลี่ย	231.484
8:1	116.698
	109.126
	192.707
เฉลี่ย	139.510

ตารางที่6ง แสดงผลการการวิเคราะห์ทางสถิติของการวัดเนื้อสัมผัสของเต้าหู้อ่อน ที่ระดับความเข้มข้นของGDL1% โดยอัตราส่วนน้ำที่ใช้บดถั่วต่อปริมาณถั่ว เท่ากับ 5:1 และ 8:1

Source	df	SS	MS	F cal	Ftable 1,4
Treatment	1	12688.641	12688.641	11.872*	7.71
Error	4	4275.051	1068.763		
Total	5	16963.692			

*** แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

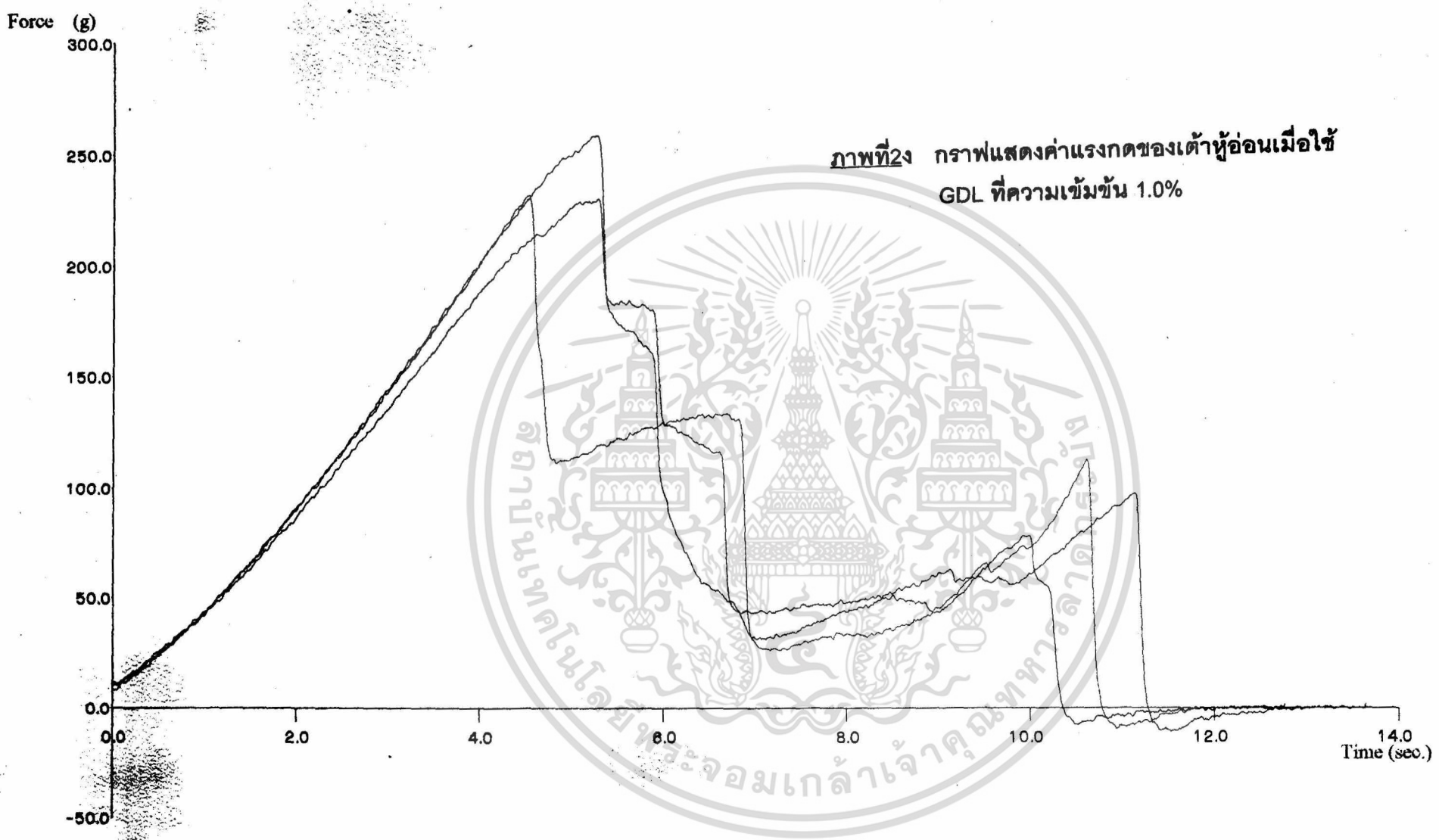


ภาพที่1ง กราฟแสดงค่าแรงกดของเต้าหู้อ่อนเมื่อใช้ GDL ที่ความเข้มข้น 0.9%

FILE NAME	MODE	OPTION	PRE-SPEED	SPEED	POST-SPEED	FORCE	DISTANCE	TIME	COUNT	TRIGGER	PPS
TOFUM041.ARC	Force/Comp.	Return to Start	3.0mm/s	1.8mm/s	10.0mm/s	Unknown	80.0%	Unknown	Unknown	10g	200.00
TOFUM042.ARC	Force/Comp.	Return to Start	3.0mm/s	1.8mm/s	10.0mm/s	Unknown	80.0%	Unknown	Unknown	10g	200.00
TOFUM043.ARC	Force/Comp.	Return to Start	3.0mm/s	1.8mm/s	10.0mm/s	Unknown	80.0%	Unknown	Unknown	10g	200.00
TOFUM044.ARC	Force/Comp.	Return to Start	3.0mm/s	1.8mm/s	10.0mm/s	Unknown	80.0%	Unknown	Unknown	10g	200.00
TOFUM045.ARC	Force/Comp.	Return to Start	3.0mm/s	1.8mm/s	10.0mm/s	Unknown	80.0%	Unknown	Unknown	10g	200.00
TOFUM046.ARC	Force/Comp.	Return to Start	3.0mm/s	1.8mm/s	10.0mm/s	Unknown	80.0%	Unknown	Unknown	10g	200.00

FILE NAME	PROBE		LOAD CELL	TEMPERATURE	AREA	HEIGHT	WIDTH	LENGTH
TOFUM041.ARC	P20	20mm DIA CYLINDER ALUMINIUM	25 - 1	0.0 °C	314.160 mm²	24.923 mm	0.000 mm	0.000 mm
TOFUM042.ARC	P20	20mm DIA CYLINDER ALUMINIUM	25 - 1	0.0 °C	314.160 mm²	24.317 mm	0.000 mm	0.000 mm
TOFUM043.ARC	P20	20mm DIA CYLINDER ALUMINIUM	25 - 1	0.0 °C	314.160 mm²	23.700 mm	0.000 mm	0.000 mm
TOFUM044.ARC	P20	20mm DIA CYLINDER ALUMINIUM	25 - 1	0.0 °C	314.160 mm²	23.635 mm	0.000 mm	0.000 mm
TOFUM045.ARC	P20	20mm DIA CYLINDER ALUMINIUM	25 - 1	0.0 °C	314.160 mm²	24.108 mm	0.000 mm	0.000 mm
TOFUM046.ARC	P20	20mm DIA CYLINDER ALUMINIUM	25 - 1	0.0 °C	314.160 mm²	24.577 mm	0.000 mm	0.000 mm

Stable Micro Systems - Texture Expert



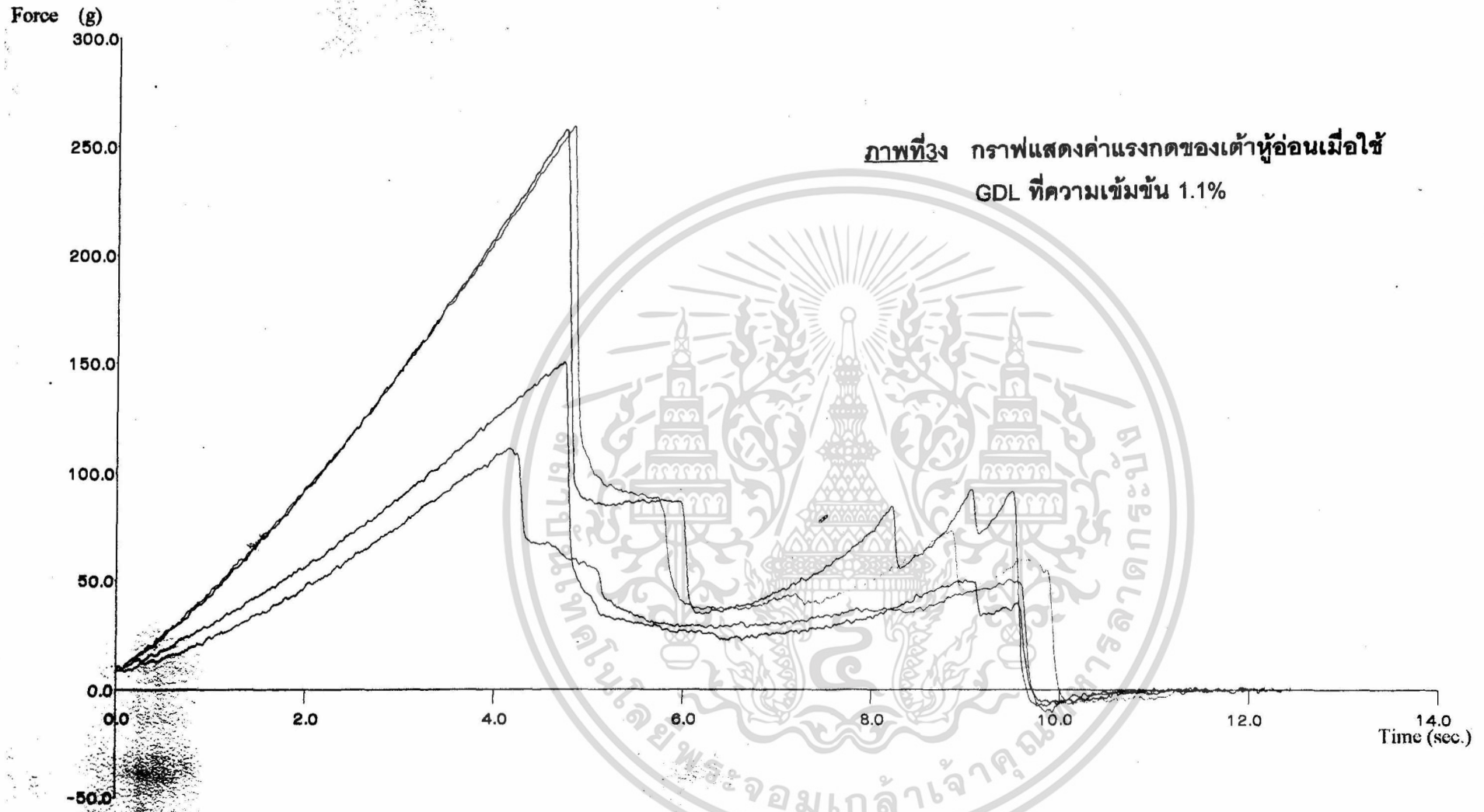
ภาพที่2ง กราฟแสดงค่าแรงกดของเต้าหู้อ่อนเมื่อใช้ GDL ที่ความเข้มข้น 1.0%

FILE NAME	MODE	OPTION	PRE-SPEED	SPEED	POST-SPEED	FORCE	DISTANCE	TIME	COUNT	TRIGGER	PPS
TOFU081.ARC	Force/Comp.	Return to Start	3.0mm/s	1.8mm/s	10.0mm/s	Unknown	80.0%	Unknown	Unknown	10g	200.00
TOFU082.ARC	Force/Comp.	Return to Start	3.0mm/s	1.8mm/s	10.0mm/s	Unknown	80.0%	Unknown	Unknown	10g	200.00
TOFU083.ARC	Force/Comp.	Return to Start	3.0mm/s	1.8mm/s	10.0mm/s	Unknown	80.0%	Unknown	Unknown	10g	200.00

FILE NAME	PROBE		LOAD CELL	TEMPERATURE	AREA	HEIGHT	WIDTH	LENGTH
TOFU081.ARC	P20	20mm DIA CYLINDER ALUMINIUM	25 - 1	0.0 °C	314.160 mm²	22.940 mm	0.000 mm	0.000 mm
TOFU082.ARC	P20	20mm DIA CYLINDER ALUMINIUM	25 - 1	0.0 °C	314.160 mm²	25.007 mm	0.000 mm	0.000 mm
TOFU083.ARC	P20	20mm DIA CYLINDER ALUMINIUM	25 - 1	0.0 °C	314.160 mm²	23.835 mm	0.000 mm	0.000 mm

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Stable Micro Systems - Texture Expert

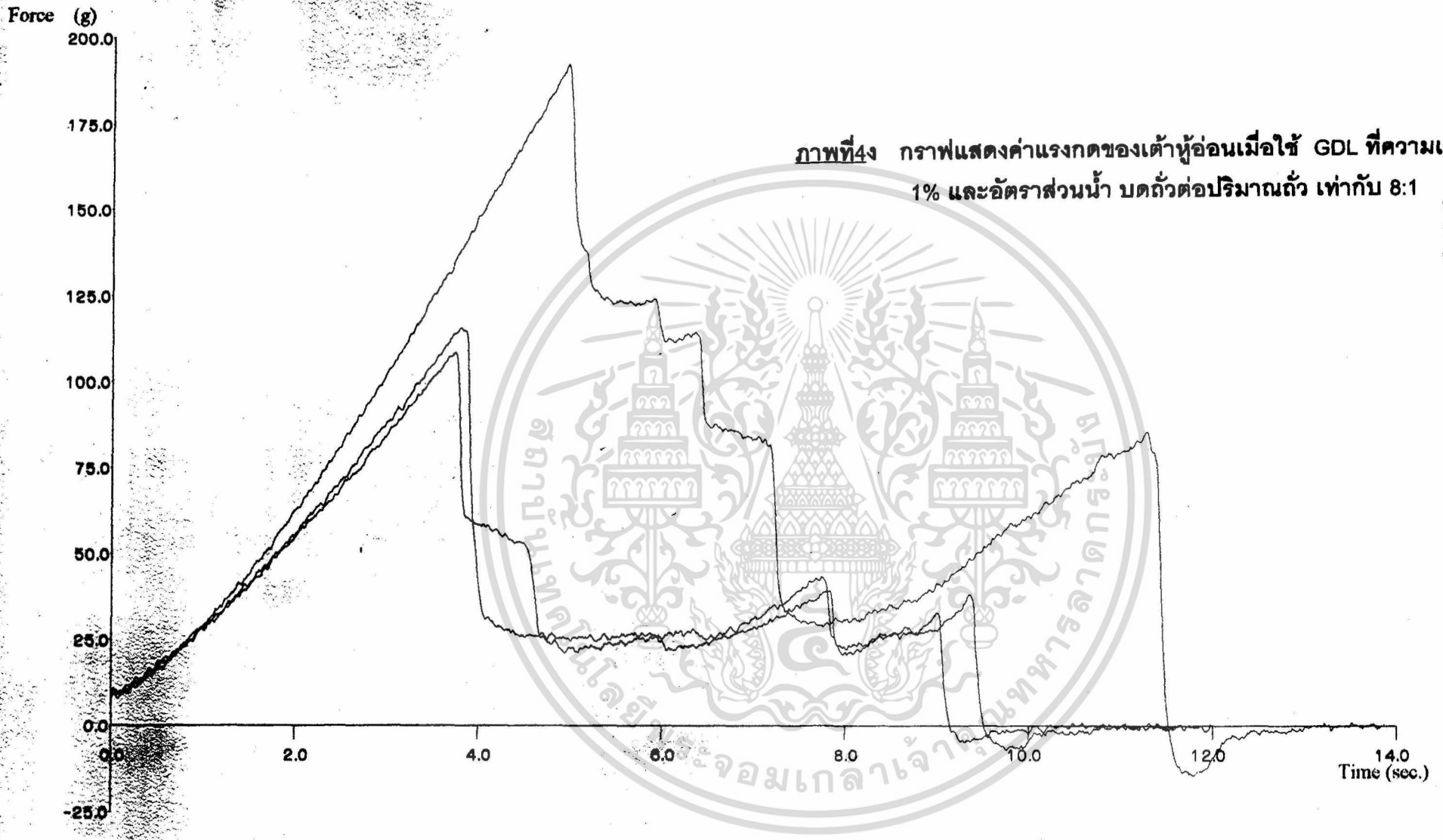


ภาพที่3ง กราฟแสดงค่าแรงกดของเต้าหู้อ่อนเมื่อใช้ GDL ที่ความเข้มข้น 1.1%

FILE NAME	MODE	OPTION	PRE-SPEED	SPEED	POST-SPEED	FORCE	DISTANCE	TIME	COUNT	TRIGGER	PPS
TF922.ARC	Force/Comp.	Return to Start	3.0mm/s	1.8mm/s	10.0mm/s	Unknown	80.0%	Unknown	Unknown	10g	200.00
TF923.ARC	Force/Comp.	Return to Start	3.0mm/s	1.8mm/s	10.0mm/s	Unknown	80.0%	Unknown	Unknown	10g	200.00
TF924.ARC	Force/Comp.	Return to Start	3.0mm/s	1.8mm/s	10.0mm/s	Unknown	80.0%	Unknown	Unknown	10g	200.00
TF925.ARC	Force/Comp.	Return to Start	3.0mm/s	1.8mm/s	10.0mm/s	Unknown	80.0%	Unknown	Unknown	10g	200.00

FILE NAME	PROBE		LOAD CELL	TEMPERATURE	AREA	HEIGHT	WIDTH	LENGTH
TF922.ARC	P20	20mm DIA CYLINDER ALUMINIUM	25 - 1	0.0 °C	314.160 mm²	0.000 mm	0.000 mm	0.000 mm
TF923.ARC	P20	20mm DIA CYLINDER ALUMINIUM	25 - 1	0.0 °C	314.160 mm²	0.000 mm	0.000 mm	0.000 mm
TF924.ARC	P20	20mm DIA CYLINDER ALUMINIUM	25 - 1	0.0 °C	314.160 mm²	0.000 mm	0.000 mm	0.000 mm
TF925.ARC	P20	20mm DIA CYLINDER ALUMINIUM	25 - 1	0.0 °C	314.160 mm²	0.000 mm	0.000 mm	0.000 mm

Stable Micro Systems - Texture Expert

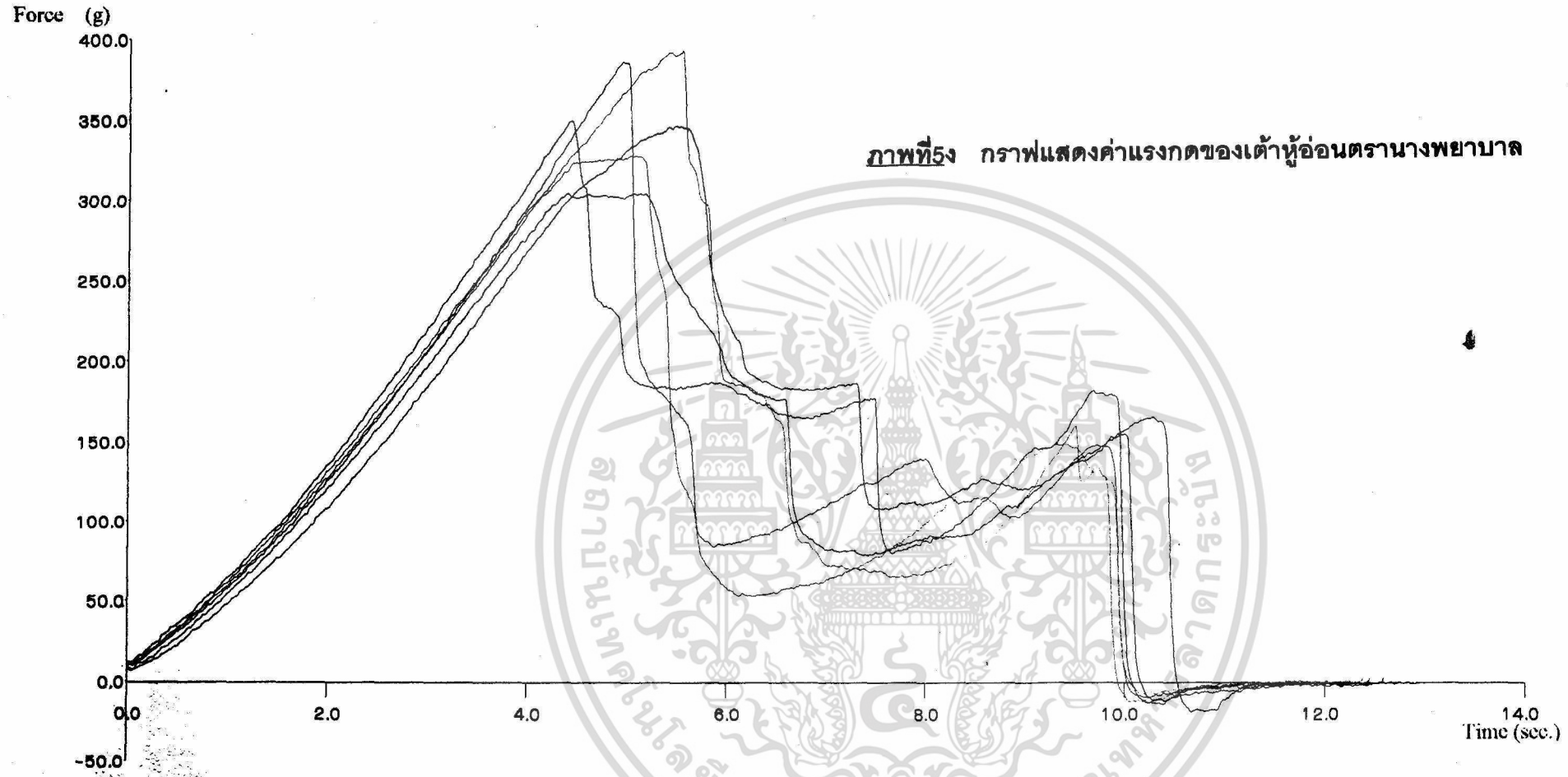


ภาพที่4ง กราฟแสดงค่าแรงกดของเต้าหู้อ่อนเมื่อใช้ GDL ที่ความเข้มข้น 1% และอัตราส่วนน้ำ บดถั่วต่อปริมาณถั่ว เท่ากับ 8:1

FILE NAME	MODE	OPTION	PRE-SPEED	SPEED	POST-SPEED	FORCE	DISTANCE	TIME	COUNT	TRIGGER	PPS
TF926.ARC	Force/Comp.	Return to Start	3.0mm/s	1.8mm/s	10.0mm/s	Unknown	80.0%	Unknown	Unknown	10g	200.00
TF927.ARC	Force/Comp.	Return to Start	3.0mm/s	1.8mm/s	10.0mm/s	Unknown	80.0%	Unknown	Unknown	10g	200.00
TF928.ARC	Force/Comp.	Return to Start	3.0mm/s	1.8mm/s	10.0mm/s	Unknown	80.0%	Unknown	Unknown	10g	200.00

FILE NAME	PROBE		LOAD CELL	TEMPERATURE	AREA	HEIGHT	WIDTH	LENGTH
TF926.ARC	P20	20mm DIA CYLINDER ALUMINIUM	25 - 1	0.0 °C	314.160 mm²	0.000 mm	0.000 mm	0.000 mm
TF927.ARC	P20	20mm DIA CYLINDER ALUMINIUM	25 - 1	0.0 °C	314.160 mm²	0.000 mm	0.000 mm	0.000 mm
TF928.ARC	P20	20mm DIA CYLINDER ALUMINIUM	25 - 1	0.0 °C	314.160 mm²	0.000 mm	0.000 mm	0.000 mm

Stable Micro Systems - Texture Expert

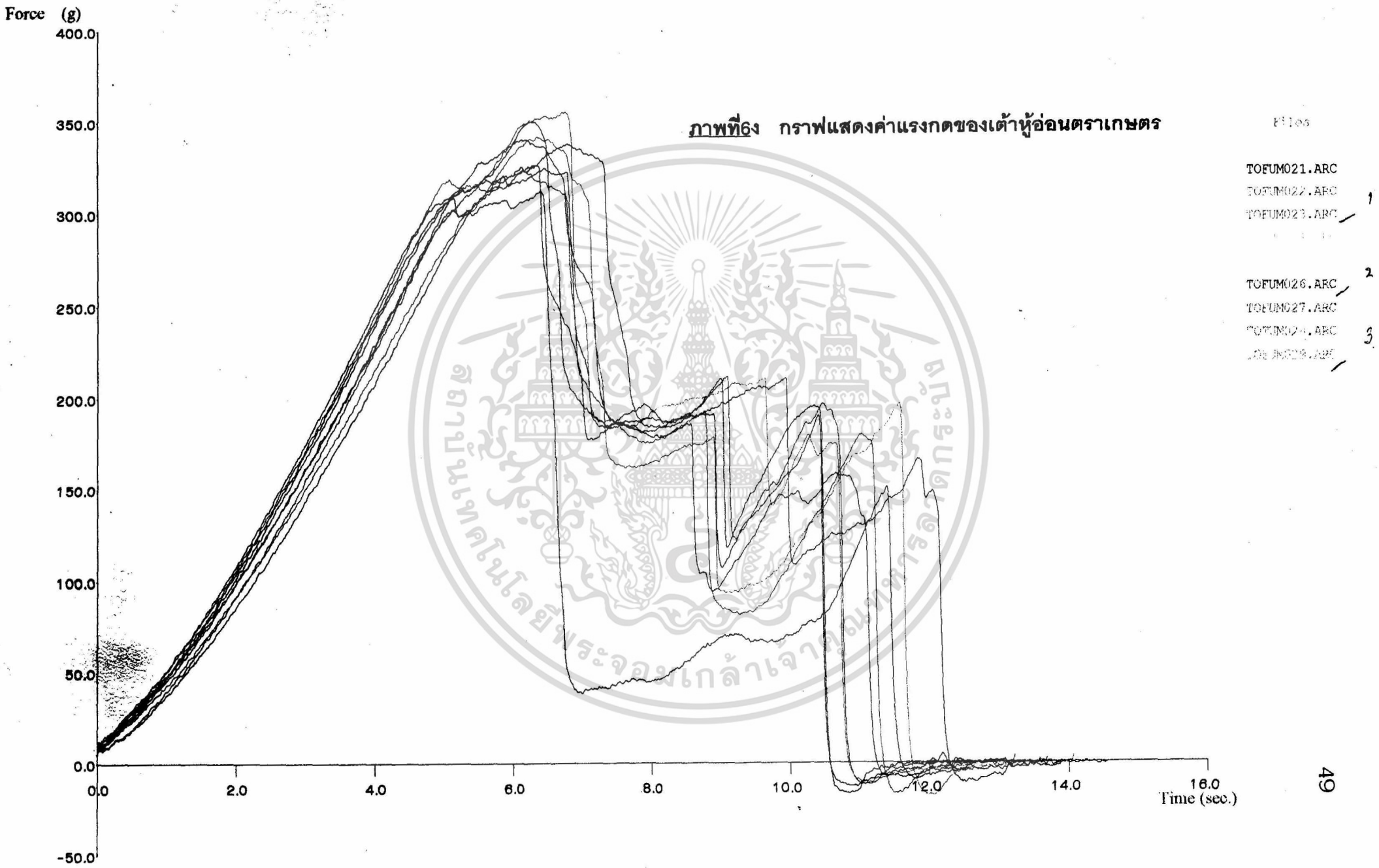


ภาพที่5ง กราฟแสดงค่าแรงกดของเต้าหู้อ่อนตรานางพยาบาล

FILE NAME	MODE	OPTION	PRE-SPEED	SPEED	POST-SPEED	FORCE	DISTANCE	TIME	COUNT	TRIGGER	PPS
TF916.ARC	Force/Comp.	Return to Start	3.0mm/s	1.8mm/s	10.0mm/s	Unknown	80.0%	Unknown	Unknown	10g	200.00
TF917.ARC	Force/Comp.	Return to Start	3.0mm/s	1.8mm/s	10.0mm/s	Unknown	80.0%	Unknown	Unknown	10g	200.00
TF918.ARC	Force/Comp.	Return to Start	3.0mm/s	1.8mm/s	10.0mm/s	Unknown	80.0%	Unknown	Unknown	10g	200.00
TF919.ARC	Force/Comp.	Return to Start	3.0mm/s	1.8mm/s	10.0mm/s	Unknown	80.0%	Unknown	Unknown	10g	200.00
TF920.ARC	Force/Comp.	Return to Start	3.0mm/s	1.8mm/s	10.0mm/s	Unknown	80.0%	Unknown	Unknown	10g	200.00
TF921.ARC	Force/Comp.	Return to Start	3.0mm/s	1.8mm/s	10.0mm/s	Unknown	80.0%	Unknown	Unknown	10g	200.00

FILE NAME	PROBE		LOAD CELL	TEMPERATURE	AREA	HEIGHT	WIDTH	LENGTH
TF916.ARC	P20	20mm DIA CYLINDER ALUMINIUM	25 - 1	0.0 °C	314.160 mm²	0.000 mm	0.000 mm	0.000 mm
TF917.ARC	P20	20mm DIA CYLINDER ALUMINIUM	25 - 1	0.0 °C	314.160 mm²	0.000 mm	0.000 mm	0.000 mm
TF918.ARC	P20	20mm DIA CYLINDER ALUMINIUM	25 - 1	0.0 °C	314.160 mm²	0.000 mm	0.000 mm	0.000 mm
TF919.ARC	P20	20mm DIA CYLINDER ALUMINIUM	25 - 1	0.0 °C	314.160 mm²	0.000 mm	0.000 mm	0.000 mm
TF920.ARC	P20	20mm DIA CYLINDER ALUMINIUM	25 - 1	0.0 °C	314.160 mm²	0.000 mm	0.000 mm	0.000 mm
TF921.ARC	P20	20mm DIA CYLINDER ALUMINIUM	25 - 1	0.0 °C	314.160 mm²	0.000 mm	0.000 mm	0.000 mm

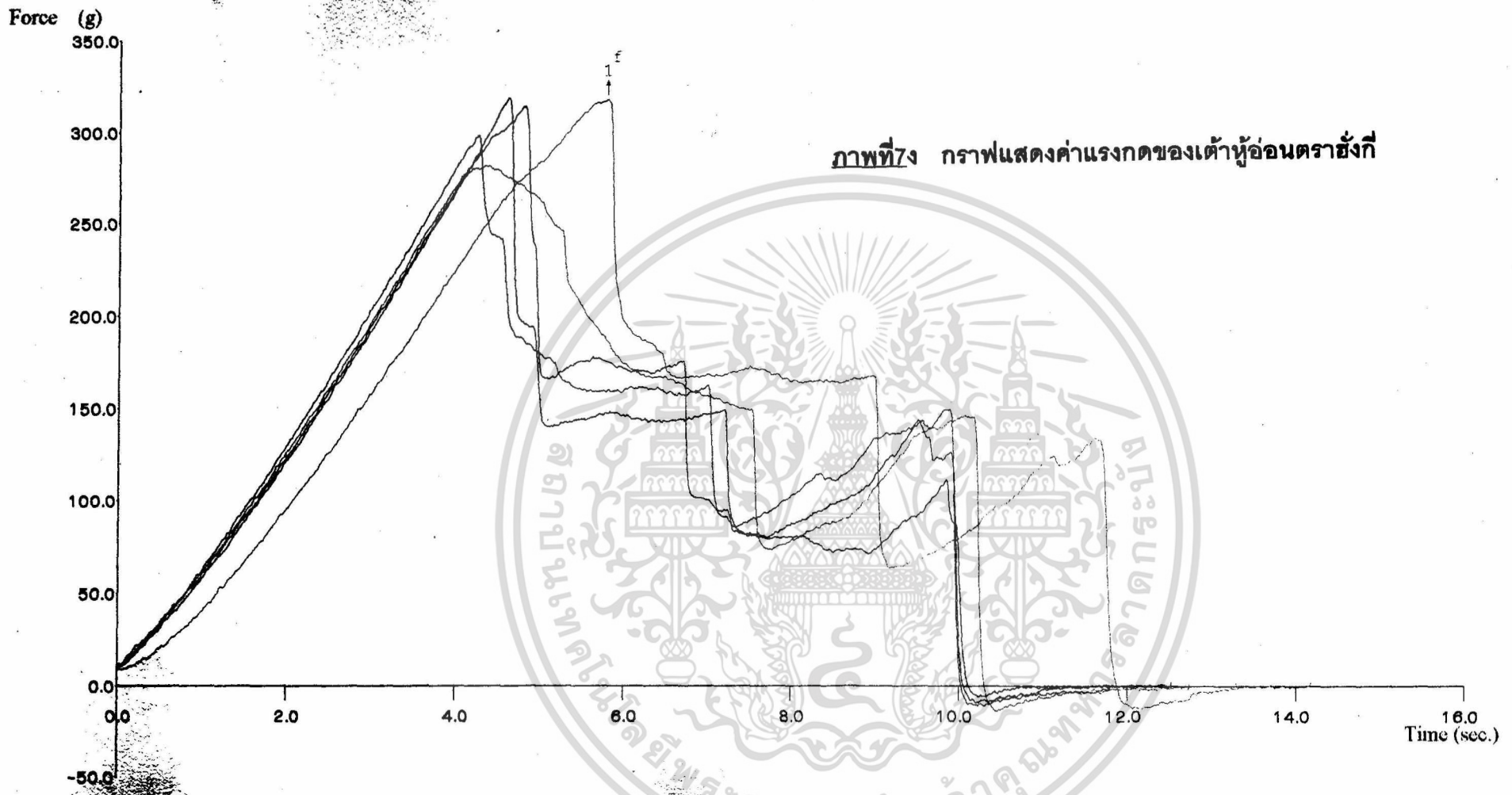
Stable Micro Systems - Texture Expert



ภาพที่6ง กราฟแสดงค่าแรงกดของเต้าหู้อ่อนตราเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

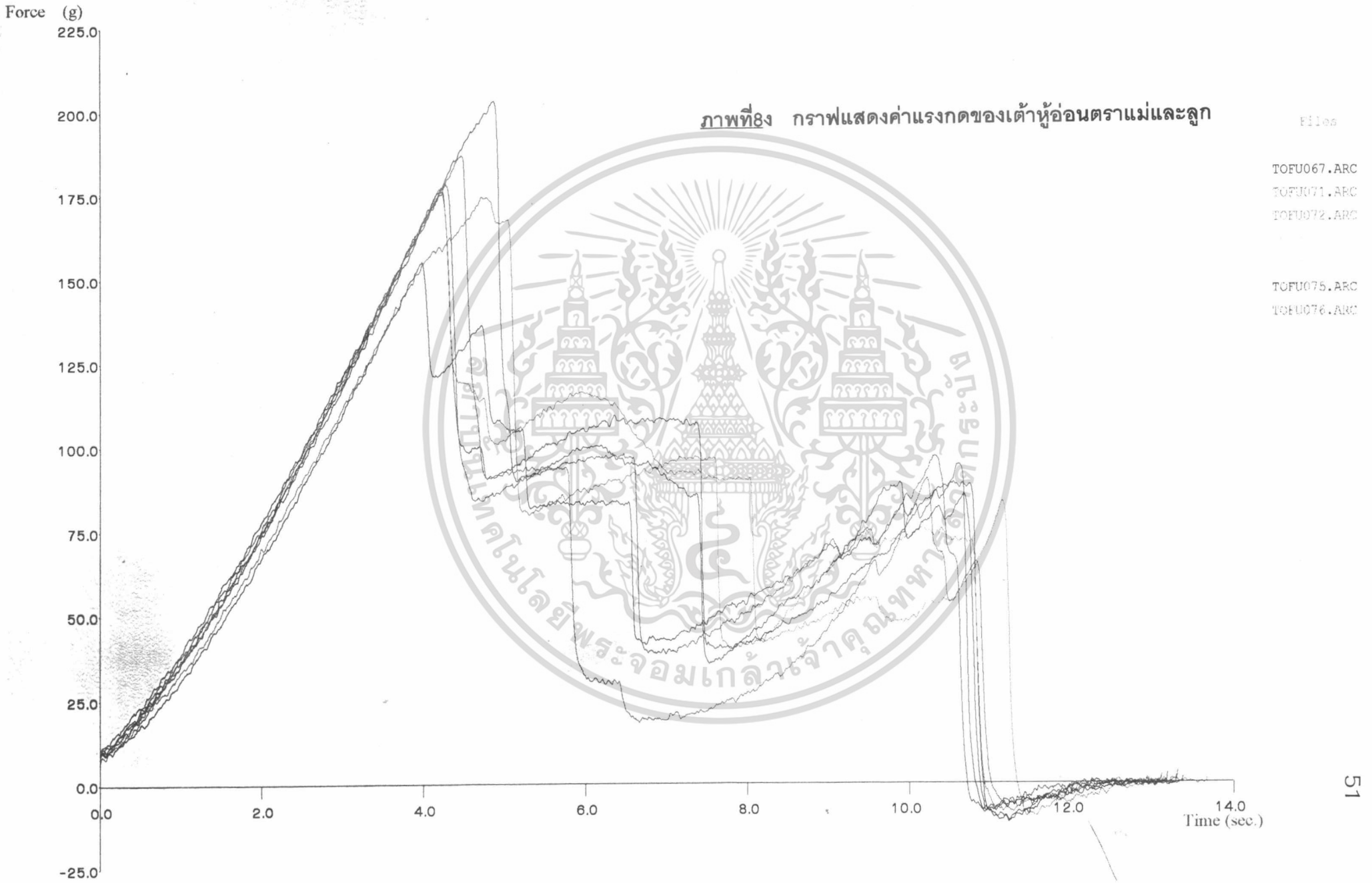
Stable Micro Systems - Texture Expert



ภาพที่7ง กราฟแสดงค่าแรงกดของเต้าหู้อ่อนตราฮั่งกี

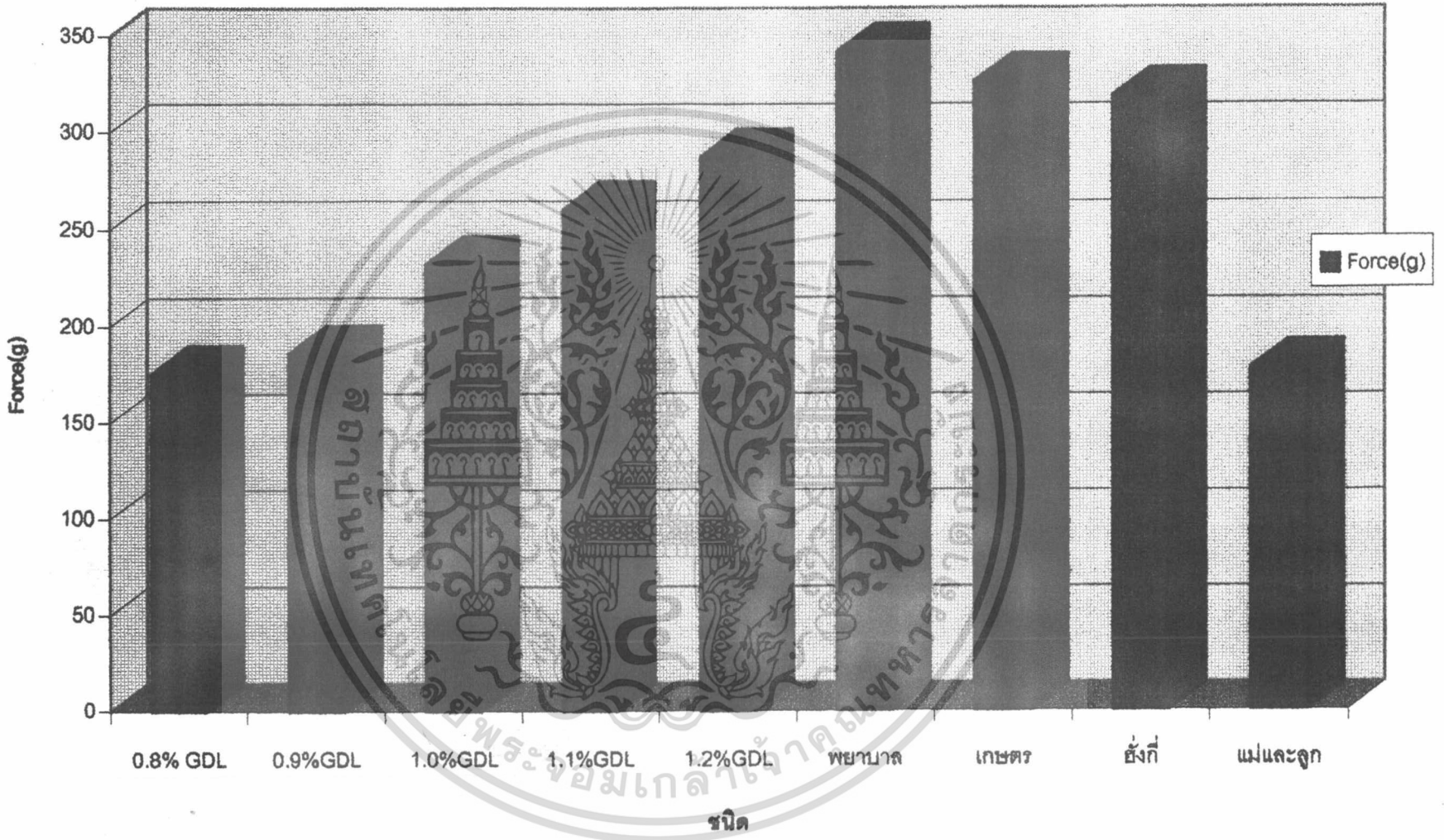
FILE NAME	MODE	OPTION	PRE-SPEED	SPEED	POST-SPEED	FORCE	DISTANCE	TIME	COUNT	TRIGGER	PPS
TF911.ARC	Force/Comp.	Return to Start	3.0mm/s	1.8mm/s	10.0mm/s	Unknown	80.0%	Unknown	Unknown	10g	200.00
TF912.ARC	Force/Comp.	Return to Start	3.0mm/s	1.8mm/s	10.0mm/s	Unknown	80.0%	Unknown	Unknown	10g	200.00
TF913.ARC	Force/Comp.	Return to Start	3.0mm/s	1.8mm/s	10.0mm/s	Unknown	80.0%	Unknown	Unknown	10g	200.00
TF914.ARC	Force/Comp.	Return to Start	3.0mm/s	1.8mm/s	10.0mm/s	Unknown	80.0%	Unknown	Unknown	10g	200.00
TF915.ARC	Force/Comp.	Return to Start	3.0mm/s	1.8mm/s	10.0mm/s	Unknown	80.0%	Unknown	Unknown	10g	200.00

FILE NAME	PROBE		LOAD CELL	TEMPERATURE	AREA	HEIGHT	WIDTH	LENGTH
TF911.ARC	P20	20mm DIA CYLINDER ALUMINIUM	25 - 1	0.0 °C	314.160 mm²	0.000 mm	0.000 mm	0.000 mm
TF912.ARC	P20	20mm DIA CYLINDER ALUMINIUM	25 - 1	0.0 °C	314.160 mm²	0.000 mm	0.000 mm	0.000 mm
TF913.ARC	P20	20mm DIA CYLINDER ALUMINIUM	25 - 1	0.0 °C	314.160 mm²	0.000 mm	0.000 mm	0.000 mm
TF914.ARC	P20	20mm DIA CYLINDER ALUMINIUM	25 - 1	0.0 °C	314.160 mm²	0.000 mm	0.000 mm	0.000 mm
TF915.ARC	P20	20mm DIA CYLINDER ALUMINIUM	25 - 1	0.0 °C	314.160 mm²	0.000 mm	0.000 mm	0.000 mm

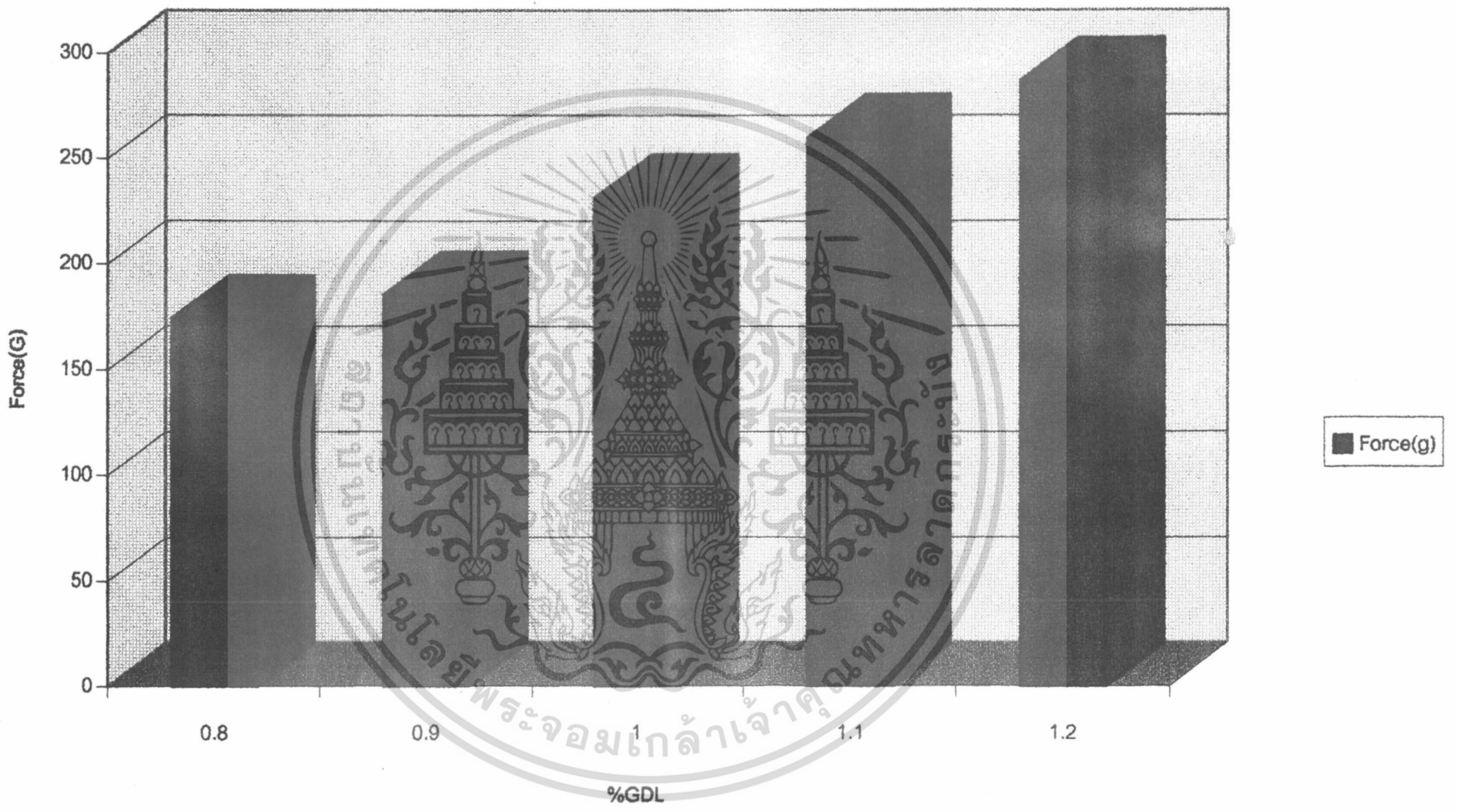


ภาพที่8ง กราฟแสดงค่าแรงกดของเต้าหู้อ่อนตราแม่และลูก

ภาพที่ 9ง **ค่าแรง Compression ที่ใช้ในการกดเต้าหู้ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ เปรียบเทียบกับเต้าหู้ตามท้องตลาด**



ภาพที่ ๑๐ **ค่าแรง Compression ที่ใช้ในการกดทะลุเต้าหู้ที่ระดับความเข้มข้น GDL ต่างๆ**



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคผนวก จ.

แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสีทางสถิติของเต้าหู้ ที่ความเข้มข้น GDL 0.8-1.2 %

จะนำค่า ผลต่างของ E มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ

โดย E คือ $\sqrt{\Delta L^2+\Delta a^2+\Delta b^2}$

ซึ่งΔจะได้จากค่าสีของเต้าหู้ที่ได้จากการทดลองเทียบกับ referecne (เต้าหู้ตราเกษตร)

ΔL = L ตัวอย่าง - Lreference

Δa = a ตัวอย่าง - a reference

Δb = b ตัวอย่าง - b reference

<u>ตารางที่</u> 1จ แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการวัดสีของเต้าหู้อ่อน เมื่อใช้ความเข้มข้นของ GDL 0.8-1.2%

Source	df	SS	MS	F_{cal}	F_{table} 1,4
Treatment	4	1.53	0.38	0.82^{NS}	2.575(0.05)
					3.77 (0.01)
Error	45	20.74	0.46		
Total	49	22.27			

^{NS} ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ.

แสดงผลการการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่1ฉ แสดงแบบสอบถามเพื่อประเมินผลทางประสาทสัมผัส โดยวิธี Hedonic scale 7-score

ชื่อ ..... **อายุ**.....

จากตัวอย่างที่ให้ กรุณาประเมินผลตัวอย่างเหล่านี้ตามความชอบ แล้วทำการให้คะแนนที่ตรงกับความรู้สึกของท่าน

*** คำแนะนำ ควรชิมตัวอย่างตามลำดับ และใส่คะแนนให้ตรงกับหมายเลข โดยกำหนดให้**

1.ไม่ชอบมาก
2.ไม่ชอบปานกลาง
3.ไม่ชอบเล็กน้อย
4.เฉยๆ ระบุไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ
5.ชอบเล็กน้อย
6.ชอบปานกลาง
7.ชอบมาก

ตัวอย่าง	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ลักษณะปรากฏ	การยอมรับโดยรวม

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2ฉ แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติของกลิ่นเต้าหู้อ่อน เมื่อใช้ความเข้มข้นของGDL 0.8-1.2%

กลิ่น

Source	df	SS	MS	F_{cal}	F_{table} 4,36	F_{table} 9,36
Treatment	4	1.68	0.42	0.30^{NS}	2.63(0.05)	2.15(0.05)
					3.89(0.01)	2.94(0.01)
Block	9	28.18	3.13	2.24*		
Error	36	50.32	1.40			
Total	49	80.18				

* แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

^{NS} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่3ฉ แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติของรสชาติเต้าหู้อ่อน เมื่อใช้ความเข้มข้นของGDL 0.8-1.2%

รสชาติ

Source	df	SS	MS	F_{cal}	F_{table} 4,36	F_{table} 9,36
Treatment	4	23.52	5.88	3.64*	2.63(0.05)	2.15(0.05)
					3.89(0.01)	2.94(0.01)
Block	9	21.92	2.44	1.51^{NS}		
Error	36	58.08	1.61			
Total	49	103.52				

* แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

^{NS} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4ฉ แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเนื้อสัมผัสเต้าหู้อ่อน เมื่อใช้ความเข้มข้นของGDL 0.8-1.2%

เนื้อสัมผัส

Source	df	SS	MS	F_{cal}	F_{table} 4,36	F_{table} 9,36
Treatment	4	30.68	7.67	5.06**	2.63(0.05)	2.15(0.05)
					3.89(0.01)	2.94(0.01)
Block	9	7.38	0.82	0.54^{NS}		
Error	36	54.52	1.51			
Total	49	92.58				

** แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

NS ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่5ฉ แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติของลักษณะปรากฏของเต้าหู้อ่อน เมื่อใช้ความเข้มข้นของGDL 0.8-1.2%

ลักษณะปรากฏ

Source	df	SS	MS	F_{cal}	F_{table} 4,36	F_{table} 9,36
Treatment	4	4.92	1.23	1.79^{NS}	2.63(0.05)	2.15(0.05)
					3.89(0.01)	2.94(0.01)
Block	9	36.72	4.08	5.95**		
Error	36	24.68	0.68			
Total	49	66.32				

** แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

NS ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่6ฉ แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการยอมรับโดยรวมของเต้าหู้อ่อน เมื่อใช้ความเข้มข้นของGDL 0.8-1.2%

การยอมรับโดยรวม

Source	df	SS	MS	F_{cal}	F_{table} 4,36	F_{table} 9,36
Treatment	4	55.32	13.83	11.24**	2.63(0.05)	2.15(0.05)
					3.89(0.01)	2.94(0.01)
Block	9	9.52	1.06	0.86^{NS}		
Error	36	44.28	1.23			
Total	49	109.12				

** แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

^{NS} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวปณัฐฐา กีรติพัฒน์ เกิดเมื่อวันที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2517 ที่จังหวัด ชลบุรี สำเร็จการศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนชลกันยานุกูล ในปีพ.ศ. 2536 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร) จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ. 2540

นางสาวปริยาพร เขียวขำ เกิดวันที่ 16 พฤศจิกายน พ.ศ. 2519 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสตรีวิทยา ปีการศึกษา 2536 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร) จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ. 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้