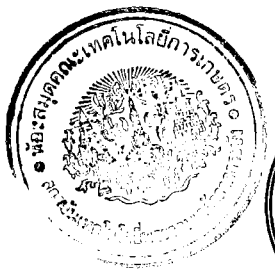


ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดกลิ่นถั่วต่อการเกิดเจลของโปรตีนถั่วเหลือง

(Study on The Effects Calcium and Sodium Salts that Beany Flavor on The Gelation of Soyprotein)

โดย

นางสาววงศ์กานต์ ดิษฐกวี รหัส 41044425

นางสาววนิดา วงษ์กุหลาบ รหัส 41044426

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..../...../..... **อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ**

(ดร. ยุพร พืชกมุทร)

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

(ผศ. ดร. ระติพร หาเรือนกิจ)

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18380

T096800

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดกลิ่นถั่วต่อการเกิดเจลของโปรตีนถั่วเหลือง

(Study on The Effects Calcium and Sodium Salts that Beany Flavor on The Gelation of Soyprotein)

โดย

นางสาววงศ์กานต์ ดิษฐกวี รหัสประจำตัว 41044425

นางสาววนิดา วงษ์กุหลาบ รหัสประจำตัว 41044426

เสนอ

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2545

ปพ.
วิ121ผ
2545

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....96800
วัน.เดือน.ปี.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงศ์กานต์ ดิษฐกวี, วนิดา วงษ์กุหลาบ. 2545. : ผลของสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดกลิ่นถั่วต่อการเกิดเจลของโปรตีนถั่วเหลือง(Study on The Effects Calcium and Sodium Salts that Minimized Beany Flavor on The Gelation of Soyprotein). ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.ยุพร พืชกมุทร, 47 หน้า

ในการศึกษาผลของสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดกลิ่นถั่วต่อการเกิดเจลของโปรตีนถั่วเหลือง ได้ทำการศึกษาสารเคมีที่มีผลต่อการกำจัดกลิ่นถั่วในขั้นตอนการเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง คือ สารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต 0.5%(w/v) ในน้ำแช่ถั่ว และแคลเซียมคาร์บอเนต 0.1%(w/w) ในขณะตีปั่นถั่วเหลือง จากนั้นนำน้ำนมถั่วเหลืองที่เตรียมได้มาทำการผลิตเต้าหู้แข็งและเต้าหู้หลอด ในการผลิตเต้าหู้แข็งใช้สารตกตะกอน 3 ชนิดคือ $MgSO_4$ 2.2% $CaSO_4$ 2.2% และ$CaCl_2$ 3.0% พบว่าเมื่อใช้ $NaHCO_3$ 0.5%ในน้ำแช่ถั่ว และสารตกตะกอนที่ใช้คือ $MgSO_4$ 2.2% หรือ$CaSO_4$ 2.2% ไม่สามารถเกิดการฟอร์มเจล เนื่องจากค่าpHของน้ำนมถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นทำให้ประจุบวกที่ได้จากสารตกตะกอนไม่เพียงกับประจุลบที่เพิ่มขึ้น เป็นผลให้ไม่สามารถเกิดการฟอร์มเจลได้แต่เมื่อใช้ $CaCl_2$ 3.0% เป็นสารตกตะกอนพบว่าเกิดการฟอร์มเจลได้ และได้ทำการเพิ่มความเข้มข้นของสารตกตะกอน$MgSO_4$ และ$CaSO_4$ เป็น 3.0% จึงจะสามารถเกิดการฟอร์มเจลแต่เต้าหู้แข็งที่ได้มีรสขมเฝื่อน สำหรับเต้าหู้หลอดใช้สารตกตะกอนคือ กลูโคโนเดลต้าแลคโตน(GDL)1.0%(w/w) จากการทดลองพบว่าเจลเต้าหู้หลอดที่ได้จากการใช้ $NaHCO_3$ 0.5%ในน้ำแช่ถั่วเป็นเจลอ่อน(weak gel) แต่เมื่อทำการเพิ่มความเข้มข้นของสารตกตะกอนGDLเป็น 2.0% พบว่าเจลที่ได้มีความแข็งมากขึ้นแต่มีรสขมเฝื่อน สำหรับการใช้ $CaCO_3$ 0.1%ในขณะตีปั่นถั่วเพื่อกำจัดกลิ่นถั่วในน้ำนมถั่วเหลือง พบว่าสามารถเกิดการฟอร์มเจลได้ทั้งเต้าหู้แข็งที่ใช้สารตกตะกอน $MgSO_4$ 2.2% หรือ$CaSO_4$ 2.2% หรือ $CaCl_2$ 3.0% และเต้าหู้หลอดที่ใช้สารตกตะกอน GDL 1.0%

...วงศ์กานต์....ดิษฐกวี.....
ลายมือชื่อนักศึกษา

...วนิดา....วงษ์กุหลาบ..... ..../...../...../
ลายมือชื่อนักศึกษา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา วัน / เดือน / ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.ยุพร พืชกมุทร อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ได้สละเวลาให้ความรู้ คำปรึกษา และข้อเสนอแนะต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่อการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้เป็นอย่างยิ่ง รวมทั้งได้ตรวจแก้ไขรูปเล่มปัญหาพิเศษจนสำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์ และอาจารย์ปริยาพร เขียวขำ ที่ได้ให้คำแนะนำซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ที่ช่วยเหลือในทุกๆด้านและให้กำลังใจตลอดมา รวมทั้งพี่ชายที่คอยให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการทำรายงานจนเสร็จสิ้น

ขอขอบคุณเพื่อนๆที่น่ารักทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดการทำปัญหาพิเศษนี้

วงศ์กานต์ ดิษฐกวี

(นางสาววงศ์กานต์ ดิษฐกวี)

วนิดา วงษ์กุหลาบ

(นางสาววนิดา วงษ์กุหลาบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญภาคผนวก	ช
บทที่	
1. บทนำ	1
2. ตรวจเอกสาร	2
2.1. ถั่วเหลือง	2
2.2. องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของถั่วเหลือง	2
2.3. น้ำนมถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์	4
2.4. กลไกการเกิดเจลของโปรตีนจากถั่วเหลืองโดยการใช้สารตกตะกอน	7
2.5. กลิ่นถั่วในผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง	9
2.6. การกำจัดกลิ่นถั่ว	12
2.7 แคลเซียมคาร์บอเนต	14
2.8 โซเดียมไบคาร์บอเนต	14
2.9 ปัจจัยและกรรมวิธีที่เลือกใช้ในการศึกษาผลของสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดกลิ่นถั่วต่อการเกิดเจลของโปรตีนถั่วเหลือง	15
3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	18
3.1. วัตถุดิบ	18
3.2. อุปกรณ์ในการผลิต	18
3.3. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์	19
3.4. วิธีการทดลอง	20
4. ผลการทดลองและวิจารณ์	25
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เอกสารอ้างอิง 36

7. ภาคผนวก 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. ปริมาณและชนิดของโปรตีนโดยการใช้Ultracentrifuge แยกจากโปรตีนถั่วเหลืองที่ละลายน้ำได้	3
2. คุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์(ร้อยละ)	5
3. ปริมาณสัมพัทธ์ของlipoxidaseในพืช	9
4. สารประกอบที่ทำให้เกิดกลิ่นถั่วและกลิ่นเหม็นเขียวในผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง	11
5. อุณหภูมิและปริมาณของสารตกตะกอนที่ใช้ในการเกิดเจลเต้าหู้ชนิดต่างๆ	16
6. ผลการวิเคราะห์ของน้ำนมถั่วเหลืองเมื่อเติมสารละลาย$NaHCO_3$ 0.5%(w/v) ในน้ำแช่ถั่ว (เต้าหู้แข็ง)	28
7. ผลการวิเคราะห์การแยกชั้นของน้ำของเจลเต้าหู้แข็งเมื่อเติมสารละลาย $NaHCO_3$ 0.5%(w/v)ในน้ำแช่ถั่ว	28
8. ผลการวิเคราะห์ของน้ำนมถั่วเหลืองเมื่อเติมสาร$CaCO_3$ 0.1%(w/w) ในขณะตีปั่นถั่วเหลือง	29
9. ผลการวิเคราะห์การแยกชั้นของน้ำของเจลเต้าหู้แข็งเมื่อเติมสาร$CaCO_3$ 0.1%(w/w)ในขณะตีปั่นถั่วเหลือง	30
10. ผลการวิเคราะห์ของน้ำนมถั่วเหลืองเมื่อเติมสารละลาย$NaHCO_3$ 0.5%(w/v) ในน้ำแช่ถั่ว (เต้าหู้หลอด)	32
11. ผลการวิเคราะห์การแยกชั้นของน้ำของเจลเต้าหู้หลอดเมื่อเติมสารละลาย $NaHCO_3$ 0.5%(w/v)ในน้ำแช่ถั่ว	32
12. ผลการวิเคราะห์ของน้ำนมถั่วเหลืองเมื่อเติมสาร$CaCO_3$ 0.1%(w/w) ในขณะตีปั่นถั่วเหลือง	33
13. ผลการวิเคราะห์การแยกชั้นของน้ำของเจลเต้าหู้หลอดเมื่อเติมสาร $CaCO_3$ 0.1%(w/w) ในขณะตีปั่นถั่วเหลือง	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1. แสดงกลไกการเกิดเจลของโปรตีนจากถั่วเหลือง เมื่อใช้แคลเซียมซัลเฟต และกลูโคโน-เดลต้าแลคโตน	8
2. แสดงการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส	10
3. แสดงขั้นตอนการเตรียมน้ำนมถั่วเหลืองเพื่อศึกษาผลของปริมาณสารละลาย $NaHCO_3$ 0.5%(w/v)ที่ใช้ในน้ำแช่ถั่วเหลือง	20
4. แสดงขั้นตอนการผลิตเต้าหู้แข็ง	21
5. แสดงขั้นตอนการผลิตเต้าหู้หลอด	22
6. แสดงขั้นตอนการเตรียมน้ำนมถั่วเหลืองเพื่อศึกษาผลของปริมาณสาร$CaCO_3$ 0.1%(w/w)ในขณะตีปั่นถั่วเหลือง	23
7. แสดงลักษณะปรากฏของเจลเต้าหู้แข็งเมื่อใช้สารตกตะกอน $MgSO_4$ 2.2%(w/w)	26
8. แสดงลักษณะปรากฏของเจลเต้าหู้แข็งเมื่อใช้สารตกตะกอน $CaSO_4$ 2.2%(w/w)	26
9. แสดงลักษณะปรากฏของเจลเต้าหู้แข็งเมื่อใช้สารตกตะกอน $CaCl_2$ 3.0%(w/w)	27
10.แสดงลักษณะปรากฏของเจลเต้าหู้แข็งเมื่อใช้สารละลาย$NaHCO_3$ 0.5%(w/v) ที่ใช้ในน้ำแช่ถั่ว	27
11.แสดงลักษณะปรากฏของเจลเต้าหู้หลอดเมื่อใช้สารตกตะกอนGDL 1.0%(w/w)	31
12.แสดงลักษณะปรากฏของเจลเต้าหู้หลอดเมื่อใช้สารละลาย$NaHCO_3$ 0.5%(w/v) ที่ใช้ในน้ำแช่ถั่ว และสารตกตะกอนที่ใช้คือ GDL 2.0%(w/w)	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาคผนวก

	หน้า
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	38
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์หา %syneresis	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ถั่วเหลืองอุดมไปด้วยสารอาหารต่างๆและเป็นแหล่งของโปรตีนที่มีคุณภาพสูง มีใยอาหารและประกอบไปด้วยสารอินทรีย์ที่มีรายงานว่าสามารถป้องกันการเกิดโรคต่างๆได้ นอกจากนี้โปรตีนใน ถั่วเหลืองยังมีคุณสมบัติการใช้ประโยชน์อีกมากมาย ได้แก่ คุณสมบัติในการละลาย คุณสมบัติในการจับน้ำและน้ำมัน คุณสมบัติในการเกิดเจล คุณสมบัติในการเกิดอิมัลชันและความคงตัว รวมทั้งความสามารถในการเกิดฟอง ซึ่งผลิตภัณฑ์เจลจากโปรตีนถั่วเหลืองได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน

เต้าหู้เป็นเจลของโปรตีนถั่วเหลืองที่ได้จากการให้ความร้อนและใช้สารตกตะกอน ซึ่งการทำเจลโปรตีนถั่วเหลืองประกอบด้วย 2 ขั้นตอนใหญ่ๆคือ การเตรียมน้ำนมถั่วเหลืองและการตกตะกอนโปรตีน น้ำนมถั่วเหลือง ในปัจจุบันมีการบริโภคเต้าหู้กันอย่างแพร่หลาย แต่ปัญหากลิ่นถั่ว(beany flavor)ในน้ำนมถั่วเหลืองก็เป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้ผู้บริโภคบางกลุ่มไม่ยอมรับ ได้มีการทำการทดลองศึกษาผลของการใช้สารเคมีในการกำจัดกลิ่นถั่ว เช่น ปริยาพร (2544)พบว่าการแช่ถั่วด้วยสารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตนั้นมีผลในการกำจัดกลิ่นถั่วในน้ำนมถั่วเหลือง โดยการใช้ปริมาณ 0.5% (w/w ของ ถั่วเหลืองแห้ง) จะให้น้ำนมถั่วเหลืองที่มีกลิ่นถั่วน้อยที่สุด และไม่มีความเฝื่อน และการเติมแคลเซียมคาร์บอเนต ในขั้นตอนการบดถั่วเหลืองมีผลในการกำจักกลิ่นถั่วเหลือง ซึ่งปริมาณที่เหมาะสมคือ 0.1%(w/w ของถั่วเหลืองแห้ง)

อย่างไรก็ตามคุณสมบัติทางด้านเคมี กายภาพของโปรตีนก็เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีการใช้สารเคมีนี้ ดังนั้นทางคณะวิจัยจึงได้ทำการศึกษาผลของสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดกลิ่นถั่วต่อการเกิดเจลของโปรตีนถั่วเหลือง เนื่องจากการเกิดเจลของโปรตีนถั่วเหลืองเป็นคุณสมบัติทางด้านหน้าที่ที่ส่วนใหญ่มีการนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ต่างๆเช่น เต้าหู้ เป็นต้น และเพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงการผลิตผลิตภัณฑ์เจลจากโปรตีนถั่วเหลืองให้เป็นที่ยอมรับมากขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลที่เกิดจากการใช้สารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตในน้ำแช่ถั่วต่อการเกิดเจลของโปรตีนถั่วเหลือง
2. เพื่อศึกษาผลที่เกิดจากการใช้แคลเซียมคาร์บอเนตในขณะตีปั่นถั่วเหลืองต่อการเกิดเจลของโปรตีนถั่วเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 ถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองจัดอยู่ใน Family leguminosae และ Subfamily Papilionoideae มีชื่อวิทยาศาสตร์ที่ใช้เป็นทางการในปัจจุบันคือ Glycine max (L.) Merrill ส่วนชื่อสามัญก็เรียกกันต่างๆไป เช่น soja bean , soya bean , chinese pea , Manchurian bean และ soybean ซึ่งชื่อ soybean เป็นที่ยอมรับกันมากที่สุด

2.2 องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของถั่วเหลือง

2.2.1 โปรตีน

ชนิดของโปรตีน โปรตีนในถั่วเหลืองจะถูกสะสมอยู่ในเซลล์ของเนื่อถั่วเหลือง โดยสะสมกันเป็นที่เรียกว่า Protein bodies หรือ Storage Protein ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 2-20 ไมครอน แต่ส่วนใหญ่มีขนาด 5-8 ไมครอน และมีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วงของ 200,000-600,000 ในสภาวะธรรมชาติโมเลกุลของโปรตีนขนาดใหญ่เหล่านี้ ยังสามารถจับตัวกันเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ได้อีกด้วยการเชื่อมกันของ disulfide linkage

ในการเรียกชื่อของโปรตีนในปัจจุบันนั้นไม่มีระบบการเรียกชื่อที่ใช้กันแต่เนื่องจากได้มีนักวิจัย ค้นคว้าและกำหนดชื่อเรียกกันตามลักษณะต่างๆ เช่น ใช้บรรทัดฐานของ Sedimentation Coefficient (S) ซึ่งสัมพันธ์กับขนาดของโมเลกุลของโปรตีน โดยค่าของ Sedimentation properties จะขึ้นอยู่กับสภาพของ buffer condition, pH และปัจจัยอื่นๆ เช่น ionic strength เป็นต้น Protein bodies นั้น โปรตีนส่วนใหญ่เป็นโปรตีนที่ชื่อว่า globulin ซึ่งเป็นโปรตีนที่สามารถละลายได้ดีในสารละลายเกลือเจือจาง globulin ในถั่วเหลืองประกอบด้วย fraction ของ 2S, 7S, 11S และ 15S โดยมี fraction ของ 7S และ 11S เป็นองค์ประกอบหลัก (ตารางที่ 1) การฟอร์มเจลของโปรตีนถั่วเหลืองจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับโมเลกุลของ 7S และ 11S globulin การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างใด ๆ ของโมเลกุลทั้งสองจะมีผลต่อการเกิดเจล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1

ปริมาณและชนิดของโปรตีนโดยการใช้ Ultracertrifuge แยกจากโปรตีนถั่วเหลืองที่ละลายน้ำได้

Fraction	เปอร์เซ็นต์ของทั้งหมด	ชนิดของโปรตีน	น้ำหนักโมเลกุล
2S	22	- Trypsin Inhibitor	8,000 – 21,500
		- Cytochrome C	12,000
7S	37	- Hemaglutinins	110,000
		- Lipoxygenases	102,000
		- β -Amylase	61,700
		- 7S-Globulin	180,000-210,000
11S	31	- 11S-Globulin	350,000
15S	11	-	600,000

ที่มา : วันชัย (2527)

2.2.2 ไขมัน

ถั่วเหลืองมีปริมาณไขมันโดยเฉลี่ยในเมล็ดมีปริมาณร้อยละ 29.6 ของน้ำหนักถั่วแห้ง ซึ่งมีความแตกต่างกันตามสายพันธุ์และพื้นที่ปลูก สำหรับถั่วเหลืองของไทยโดยเฉลี่ยมีไขมันอยู่ราวร้อยละ 16-18 แต่ถ้าปีใดฝนแล้งและถั่วเหลืองไม่เจริญงอกงามจะมีไขมันร้อยละ 14-15 น้ำมันถั่วเหลืองมีคุณภาพสูงกว่าน้ำมันที่ได้จากสัตว์และน้ำมันเนยโดยมีปริมาณของกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย ได้แก่ กรดลิโนลิอิกร้อยละ 45-62 กรดลิโนเลนิดร้อยละ 43-56 และกรดโอเลอิคร้อยละ15-35 นอกจากนี้ยังประกอบด้วยเลซิทินร้อยละ3

2.2.3 คาร์โบไฮเดรต

สารคาร์โบไฮเดรตที่พบในถั่วเหลืองแบ่งเป็น 2 ประเภท(Snyder and Know ,1978) คือ

- คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (water soluble carbohydrates) เช่น Disaccharide ได้แก่ Sucrose และ Trisaccharide ได้แก่ Raffinose เป็นต้น ส่วน Pentasaccharide ได้แก่ Veerbadose มีน้อยมากในรูปของแป้งในถั่วเหลืองเมล็ดแก่ ส่วนในเมล็ดถั่วเหลืองที่ยังอ่อนจะพบน้ำตาลในรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว คือ กลูโคส และน้ำตาล Reducing sugar อื่นๆ อยู่พอควร แต่จะลดน้อยลงจนไม่มีเมื่อถั่วมีความแก่พอดี

- คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ละลายน้ำ (water insoluble carbohydrates) คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ละลายน้ำในส่วนที่เป็นใบเลี้ยงส่วนใหญ่ ได้แก่สารพวกที่มีโครงสร้างของโมเลกุลซับซ้อน คือ เป็นน้ำตาลที่มีหลายโมเลกุล ได้แก่ Arabinan, Arabinogalactan และอาจรวมถึงสารในกลุ่มของ Pectin ด้วย สำหรับปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ละลายน้ำนี้ยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดแต่เชื่อว่ามีปริมาณไม่สูง

2.2.4 แร่ธาตุ

แร่ธาตุที่พบในถั่วเหลืองส่วนใหญ่เป็นโปตัสเซียมร้อยละ 1.83 ฟอสฟอรัสร้อยละ 0.78 แมกนีเซียมร้อยละ 0.31 โซเดียม แคลเซียม และกำมะถันอย่างละร้อยละ 0.24 สารประกอบที่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบที่พบในถั่วเหลืองคือ phytin, phospholipid และกรด nucleic ซึ่ง phytin เป็นแหล่งที่มีฟอสฟอรัสมากที่สุด มีความสำคัญต่อการละลายได้ของโปรตีนและต่อคุณค่าทางอาหารของแคลเซียม

ในส่วนของเปลือกถั่วเหลืองซึ่งถือว่าเป็นส่วนที่ไม่มีคุณค่าทางอาหาร ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยสารที่เรียกว่า เส้นใย (fiber) ถึงครึ่งหนึ่งของปริมาณเปลือกทั้งหมด

2. 3 น้ำนมถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์

น้ำนมถั่วเหลือง (Soy milk) หรือ น้ำเต้าหู้ เป็นผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองที่รู้จักกันดี มีคุณค่าอาหารสูงและมีราคาถูก นิยมบริโภคกันมาเป็นเวลาช้านาน การผลิตมีหลายระดับตั้งแต่ระดับครัวเรือนจนถึงการผลิตระดับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ นอกจากนี้น้ำนมถั่วเหลืองยังสามารถนำไปผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นได้อีก เช่น เต้าหู้ เต้าฮวย ฟองเต้าหู้

ผลิตภัณฑ์เหล่านี้จัดว่าเป็นอาหารที่มีโปรตีนสูง และบางชนิดยังมีไขมันสูงอีกด้วย (ตารางที่2) จึงมักนิยมนำผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองดังกล่าวไปใช้ในการส่งเสริมภาวะโภชนาการของประชาชน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 คุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์ (ร้อยละ)

ผลิตภัณฑ์	น้ำ	โปรตีน	ไขมัน	คาร์โบไฮเดรต	เถ้า
ถั่วเหลือง	11.1	34.0	18.7	26.7	4.8
น้ำนมถั่วเหลือง	92.5	3.4	1.5	2.1	0.5
เต้าหู้ขาว	74.83	11.36	5.21	*	*
เต้าหู้เหลือง	68.42	11.86	6.46	*	*
เต้าหู้หลอด	86.67	6.26	0.15	*	*
เต้าหู้แห้ง	10.40	58.80	26.40	*	*
เต้าหู้ทอด	86.67	6.26	0.15	*	*
เต้าฮวย	92.66	2.68	0.06	*	0.43
ฟองเต้าหู้	7.11	51.65	25.43	11.9	3.93

*** หมายถึง ไม่ได้วิเคราะห์**

ที่มา : รวบรวมจาก ถั่วเหลืองและการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย พ.ศ. 2527 และส่วนประกอบของถั่วเหลือง จากคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย กองโภชนาการ กระทรวงสาธารณสุข พ.ศ.2535

2.3.1 น้ำนมถั่วเหลือง

น้ำนมถั่วเหลือง (Soy milk) หรือน้ำเต้าหู้มีลักษณะเป็นของเหลว มีสีขาว มีเนื้อสัมผัสคล้ายน้ำนม มีโปรตีนและไขมันสูงคือ น้ำนมถั่วเหลืองมีโปรตีนร้อยละ3.4 ไขมันร้อยละ 1.5(ตารางที่ 2) เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำนมวัว น้ำนมถั่วเหลืองมีไขมัน คาร์โบไฮเดรต แคลเซียม ฟอสฟอรัสต่ำกว่า แต่มีเหล็ก วิตามินบีหนึ่ง ไนอะซีน และโปรตีนใกล้เคียงกับในน้ำนมวัว

2.3.2 เต้าหู้

โปรตีนในถั่วเหลืองมีคุณสมบัติการใช้ประโยชน์(Functional property) ที่สามารถเกิดการฟอร์มเจล การเกิดเจลสามารถทำได้โดยการให้ความร้อน (Heat -induced gel) หรือการใช้สารตกตะกอนโปรตีน (Coagulant) เจลโปรตีนถั่วเหลืองที่ได้จากสารตกตะกอนที่รู้จักกันดีคือ เต้าหู้ หรือที่คนญี่ปุ่นเรียกโตฟู (To Fu) คนเวียดนามเรียกแดนฟู(Dan fu) คนจีนเรียกเต้าหู้(Teon fu) หรือเตาฟูโฮ (Tou fu ho) และฝรั่งเรียกว่า Soybean curd (Smith, 1895)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เต้าหู้ได้ทำขึ้นครั้งแรก ในราชวงศ์ฮาน (Han) สมัยไฮยนานวาง (Huai Nan Wang) คริสต์ศักราชที่ 22 ที่เมือง Luian (Shih, 1918) เต้าหู้หรือเรียกนัยหนึ่งว่าเนื้อไม่มีกระดูก " The Meat without a Bone" มีสีครีมขาว อ่อนนุ่ม อุ้มน้ำและย่อยง่าย มีโปรตีนสูง(50เปอร์เซนต์ต่อน้ำหนักแห้ง) สามารถใช้แทนเนื้อสัตว์ต่างๆ กัน เนื้อวัว หมู ไก่ หรือปลาก็ได้ และยังสามารถใช้ประกอบอาหารได้หลายอย่าง เช่น แกงจืดเต้าหู้ เต้าหู้ทอด เต้าหู้ยี้ เป็นต้น (สมชาย ,2538)

ในประเทศญี่ปุ่น ซึ่งมีการบริโภคเต้าหู้ หรือโตฟู หรือโตฟูในปริมาณมาก จนถือได้ว่าเป็นอาหารหลักอย่างหนึ่ง ได้มีการแบ่งชนิดของโตฟูออกเป็น 2 ชนิด คือ Momen Tofu ซึ่งเป็นโตฟูที่มีการกำจัดน้ำเวย์ (Whey) ออกจากตะกอนของโปรตีน และ Kinugoshi –Tofu เป็นโตฟูที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสอ่อนกว่า เนื่องจากไม่มีการกำจัดน้ำเวย์ออกจากตะกอนของโปรตีน

ในประเทศไทย ลักษณะเต้าหู้สดที่ขายตามท้องตลาด มี 3 ชนิด คือ เต้าหู้แข็ง หรือเต้าหู้เหลือง เต้าหู้อ่อน และเต้าฮวย เต้าหู้แต่ละชนิดมีความแตกต่างกันในเรื่องสารที่ใช้ตกตะกอนให้เป็นเจลเต้าหู้ ซึ่งทำให้เต้าหู้มีลักษณะแข็งอ่อนแตกต่างกัน สารที่ใช้ตกตะกอนเต้าหู้ได้เช่น$MgSO_4.7H_2O$, $CaSO_4.2H_2O$, $CaCl_2.2\ H_2O$ และ Glucono - δ - lactone ส่วนรูปร่างลักษณะเฉพาะของเต้าหู้แต่ละชนิดก็มีลักษณะแตกต่างกันตามแม่พิมพ์หรือภาชนะที่ใช้ใส่หรือประเพณีนิยมของผู้บริโภค เต้าหู้สดที่มีคุณภาพดีต้อง ไม่มีกลิ่น รสจืด และมีสีขาวนวล (อุดม และสมชาย , 2519)

เต้าหู้หลอด (Bagged tofu)ซึ่งเป็นเต้าหู้อ่อนชนิดหนึ่ง นิยมใช้กลูโคโนเดลต้าแลคโตนหรือจีดีแอล (Glucono delta lactone ; GDL) เป็นสารตกตะกอน ในปริมาณไม่เกินร้อยละ 1 บรรจุลงในหลอดพลาสติกพร้อมน้ำนมถั่วเหลือง ปิดผนึก ต้มในน้ำที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40-60 นาที ทิ้งให้เย็น จะได้เต้าหู้หลอด บางชนิดอาจผลิตเต้าหู้หลอดใส่ไข่ โดยการใช้ไข่ตีผสมลงในน้ำนมถั่วเหลืองด้วย

นอกจากนี้ได้มีการพัฒนาน้ำนมถั่วเหลืองผงสำหรับการผลิตเต้าหู้หลอดเพื่อให้ผู้บริโภคสามารถไปจัดเตรียมเองเมื่อต้องการ โดยการนำน้ำนมถั่วเหลืองผงมาละลายน้ำ เติมสารตกตะกอนบรรจุลงในถุง แล้วนำถุงบรรจุส่วนผสมไปต้ม จะได้เต้าหู้ที่มีลักษณะคล้ายเต้าหู้หลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 กลไกการเกิดเจลของโปรตีนจากถั่วเหลืองโดยการใช้สารตกตะกอน

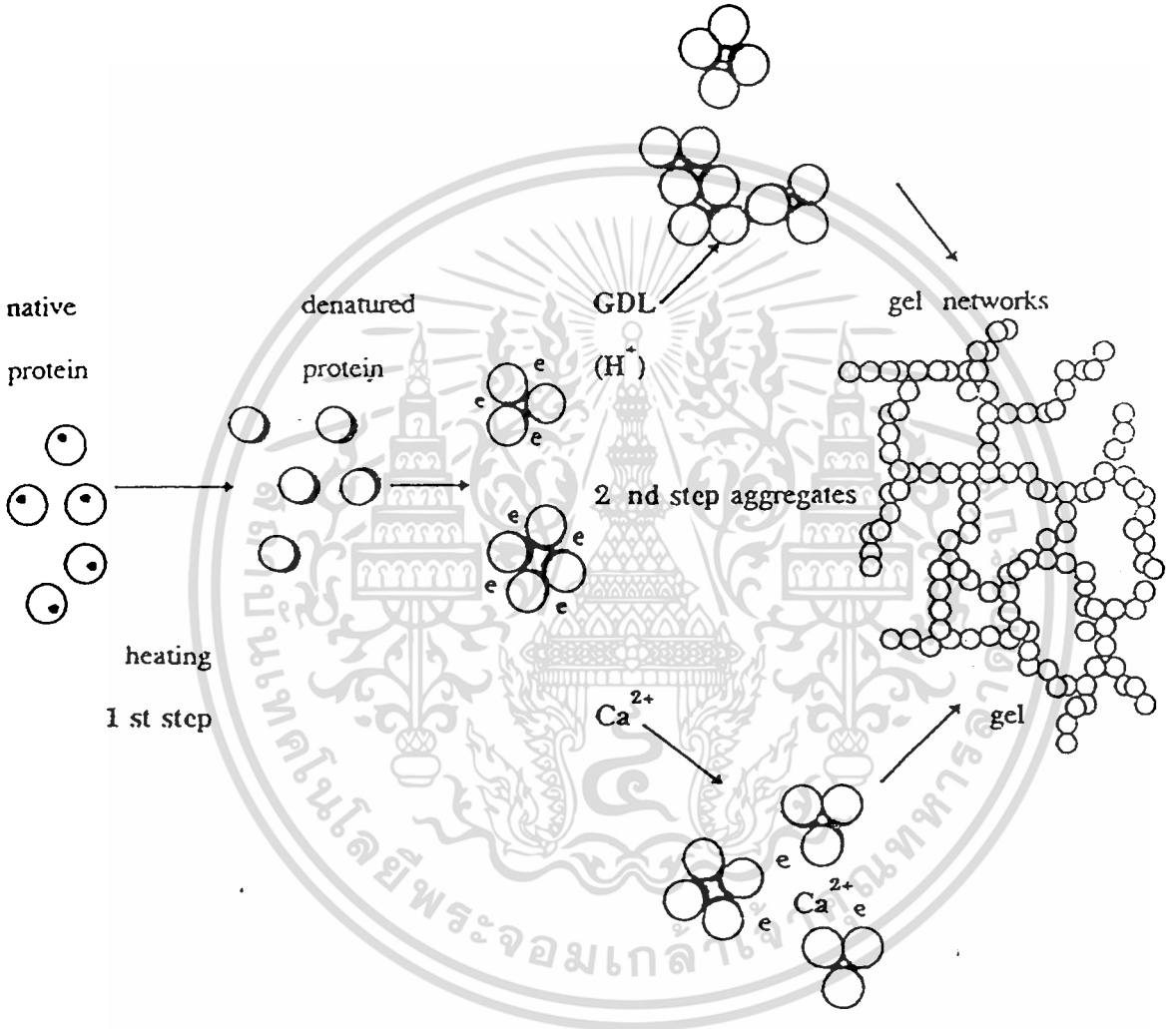
Kohyama และ คณะ(1995)ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาถึงกลไกการเกิดเจลของโปรตีนจากถั่วเหลืองโดยการใช้สารตกตะกอน และได้สรุปว่ากลไกการเกิดเป็นเจลลักษณะดังภาพที่1 โดยการเกิดเจลประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่หนึ่ง : โมเลกุลของโปรตีนถั่วเหลืองซึ่งปกติมีลักษณะทรงกลม (globular protein) เมื่อถูกความร้อนจะทำให้ถูกทำลายสภาพธรรมชาติ(denaturation) ทำให้โมเลกุลที่เคยอัดแน่น (compact) มีการคลายตัวออก เป็นผลให้ส่วนของโปรตีนที่ไม่ชอบน้ำ(hydrophobic)มีโอกาสที่จะกระจายตัวออกมาด้านนอกโมเลกุลเกิดการสร้าง Hydrophobic bonding ระหว่างโมเลกุลของโปรตีน

ขั้นตอนที่สอง : เนื่องจากโมเลกุลของโปรตีนที่ถูกทำลายสภาพธรรมชาติ (denatured protein) มีประจุรวมเป็นลบ (Kohyam and Nishinari, 1993) ประจุบวกที่ได้จากโปรตอนของ GDL หรือแคลเซียมอิออน ซึ่งเป็นสารตกตะกอนที่เติมลงไปจะไปทำให้โมเลกุลของโปรตีนเหล่านี้มีสภาพเป็นกลาง (neutral) เป็นผลทำให้เกิดการเหนี่ยวนำให้มีการสร้าง hydrophobic bonding ระหว่างโมเลกุลที่เป็นกลางเหล่านี้เกิดการฟอร์มของ aggregate เกิดโครงสร้างร่างแห (Network Structure) ที่สามารเก็บกักน้ำเวย์เอาไว้ได้ อย่างไรก็ตาม โมเลกุลของโปรตีนถั่วเหลืองประกอบด้วยกรดอะมิโน หรือ side chain ที่มีค่า Isoelectric point ต่างกัน การเกิดพันธะระหว่างประจุ – ประจุ (Charge-charge interaction) อาจจะมีส่วนเกี่ยวข้องบ้างกับการเกิดเจล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 1



O = โมเลกุลของโปรตีน • = hydrophobic region

แสดงกลไกการเกิดเจลของโปรตีนถั่วหลือง เมื่อใช้แคลเซียมซัลเฟตและกลูโคโน-เดลต้าแลคโทน

ที่มา : Kohyama, Sano และ Doi (1995)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 กลิ่นถั่วในผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง(ปริยาพร เขียวขำ)

แม้น้ำนมถั่วเหลืองจะมีการบริโภคกันอย่างแพร่หลาย แต่กลิ่นถั่ว(beany flavor) ในน้ำนมถั่วเหลืองก็เป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้ผู้บริโภคบางกลุ่มไม่ยอมรับ กลิ่นถั่วเกิดจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ไลพอกซีเจเนส(lipoxygenase) ซึ่งมีอยู่ในถั่วเหลืองตามธรรมชาติ เอนไซม์นี้นอกจากพบในถั่วเหลืองแล้ว ยังพบในธัญพืชอื่นๆ เช่น ข้าวสาลี เมล็ดพืชน้ำมัน และพืชตระกูลถั่วอื่นๆด้วยโดยถั่วเหลืองเป็นพืชที่มีเอนไซม์นี้อยู่ในปริมาณมากที่สุด ดังตารางที่ 3

ตารางที่3 ปริมาณสัมพัทธ์ของlipoxidaseในพืช(ให้แอคติวิตีของ lipoxidasecในถั่วเหลืองเป็น100)

แหล่งพบเอนไซม์	แอคติวิตีสัมพัทธ์(%)
Soy beans	100
Urd beans	60
Mung beans	47
Peas	35
Wheat	2
Peanuts	1

ที่มา: ปราณี อ่านเปรื่อง (2543)

2.5.1 เอนไซม์ไลพอกซีจีเนส (Lipoxygenase)

เอนไซม์ไลพอกซีจีเนสเป็นเอนไซม์ในกลุ่มออกซิโดรีดักเตส(Oxidoreductase) หรือที่เรียกว่า linoleat: Oxygen Oxidoreductase สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน(Oxidation) ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวซึ่งมีพันธะคู่ 2 พันธะที่อยู่ในรูปของ cis form

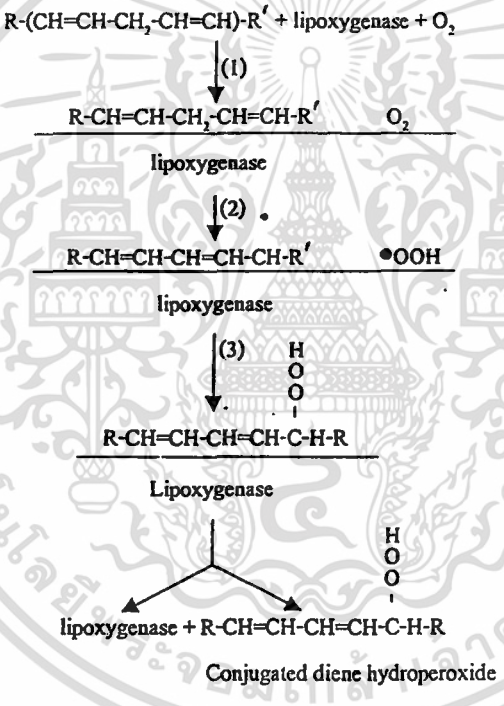
การทำงานของเอนไซม์ไลพอกซีเจเนส

เมื่อเนื้อเยื่อใบเลี้ยงของถั่วเหลืองถูกทำลายหรือฉีกขาดเอนไซม์ไลพอกซีเจเนสจะถูกปล่อยออกมาและถ้ามีการเติมน้ำลงไปในถั่วเหลืองหรือถั่วเหลืองมีความชื้นสูงขึ้น ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่งจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และผลิตสารที่ก่อให้เกิดกลิ่นถั่วขึ้น แต่ในขณะที่เนื้อเยื่อถั่วเหลืองแห้ง(ความชื้นประมาณ13%)เอนไซม์จะไม่มีการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันให้เกิดขึ้น (Nelson et al., 1976)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 การเกิดกลิ่นถั่ว

เอนไซม์ไลพอกซีเจเนสเป็นเอนไซม์ในกลุ่มoxidoreductase หรือเรียกว่า linoeat: oxygen oxidoreductase, EC 1.13.1.13 เป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยา oxidation ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มี cis-cis penta-1,4- diene unit(-CH=CH-CH_2-CH=CH-) ได้แก่ linoleic, linolenic และ arachedonic acid ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็น conjugated diene hydroperoxide ดังแสดงในรูปที่2 ซึ่งสาร conjugated diene hydroperoxideจะสลายตัวต่อไปให้สารประกอบที่ระเหยได้และทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเขียวเกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ สารประกอบเหล่านี้ส่วนใหญ่คือ 1-pentanol, hexanol, 2-octa 3-ol hexanol และ hexanol มีมากที่สุดถึงร้อยละ25



ภาพที่2 แสดงการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ไลพอกซีเจเนส

ที่มา: Tappel et al. (1952)

ขั้นตอนที่ 1 สับสเตรทอยู่ที่ผิวของเอนไซม์และเริ่มทำปฏิกิริยากับออกซิเจน

ขั้นตอนที่2 เคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนและH^+จากสับสเตรทให้แก่ออกซิเจนเพื่อสร้างradicleที่ผิวของเอมไซม์

ขั้นตอนที่3 biradicle ทำปฏิกิริยากันให้ conjugated diene hydroperoxide และจากนั้นperoxideจะแตกตัวออกจากเอนไซม์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 สารประกอบที่ทำให้เกิดกลิ่นถั่วและกลิ่นเหม็นเขียวในผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง

Alcohol
3- Methyl butanol
1-Pentanol
1-Hexanol
2-Hexanol
3-Hexanol
1-2-Hexen-1-ol
1-2-Hepten-1-ol
1-Octen-3-ol
2-Octen-1-ol
Aldehydes
Pentanal
Hexanal
1-2-Hexanal
Heptanal
2,4-Heptadienal
1-2-Octenal
Ketones
Ethyl vinyl keton
2- Methyl cyclopentanone
Methyl ethyl cyclopentanone
3-Methyl-2-cyclopentenone
2-Heptanone
2,6-Dimethyl-3-heptanone
3-Octanone
3-Octen-2-one
Amyl vinyl ketone
Furan
2-Pentyl furan

ที่มา : ทศพร ยศสมบัติ (2527)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การกำจัดกลิ่นถั่ว

2.6.1 การใช้ความร้อน

การให้ความร้อนต่อเมล็ดถั่วเหลืองก่อนหรือระหว่างการแปรรูป เช่น การบดถั่วด้วยน้ำร้อน การใช้ความร้อนแห้ง เป็นต้น วิธีเหล่านี้จะมีผลในการทำลายเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส ทำให้กลิ่นถั่วหมดไป

Mutstaka et. al. (1996) พบว่า การให้ความร้อนแห้งที่ 212 องศาฟาเรนไฮต์ แก่เนื้อถั่วเหลืองก่อนนำไปบดเป็นแป้ง สามารถยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสได้ โดยเมื่อนำแป้งถั่วเหลืองที่ได้ไปวิเคราะห์จะพบสารเปอร์ออกไซด์ (peroxide) กรดไขมันอิสระ และสาร conjugated diene ในปริมาณต่ำ

จากการศึกษาของ Wilken et. al. (1976) พบว่าการบดถั่วเหลืองด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 80-100 องศาเซลเซียสและคงไว้ที่อุณหภูมินี้นาน 10 นาที จะมีผลยับยั้งเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส ทำให้น้ำนมถั่วเหลืองที่ได้มีรสชาติดี นอกจากนี้ การให้ความร้อนแห้งแก่ถั่วเหลืองทั้งเมล็ด ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที สามารถลดแอคติวิตี้ของเอนไซม์ได้ แต่ความสามารถในการสกัดโปรตีนจะลดลง และหากใช้ความร้อนนานกว่า 30 นาที จะเกิดกลิ่นคล้ายกับถั่วอบ

Kwok and Niranjan (1995) กล่าวถึงวิธี Rapid Hydration Hydrothermal Cooking ไว้ว่าทำโดยบดถั่วเหลืองให้เป็นแป้งจากนั้นเติมน้ำร้อนให้เป็นสารละลายข้น(slurry)และพ่นด้วยไอน้ำที่ 154 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที วิธีนี้จะสามารถยับยั้งเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสได้ จึงป้องกันการเกิดสารประกอบที่ทำให้เกิดกลิ่นถั่วที่ไม่ต้องการ

2.6.2การใช้สารเคมี

การใช้ความร้อนมากและนานเกินไปจะทำให้โปรตีนเกิดการแปรสภาพและสูญเสียคุณสมบัติทางหน้าที่ (functional properties) อีกทั้งทำให้เกิดกลิ่นสุก (cooked flavor) ดังนั้นจึงมีการศึกษาการใช้สารเคมีเพื่อลดกลิ่นของน้ำนมถั่วเหลือง

Nelson (1976) ศึกษาการเตรียมน้ำนมถั่วเหลืองให้ปราศจากกลิ่นถั่ว โดยแช่และลวกในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำมาบดให้เป็นของผสมข้น ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 200 องศาฟาเรนต์ไฮต์โดยไม่ทำการกรอง น้ำนมถั่วเหลืองที่ได้จะมีความหนืดสูงและอาจเกิดลักษณะคล้ายชอล์ด จึงนำไปผ่านการโฮโมจิไนซ์ด้วยความดันสูง จากนั้นปรับพีเอชให้เป็นกลางจะได้น้ำนมถั่วเหลืองที่ปราศจากกลิ่นถั่ว ซึ่งBorhan and Synder (1979) รายงานถึงผลของโซดียมไบคาร์บอเนตในการลดแอคติวิตี้ของเอนไซม์ว่าเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของพีเอช อย่างไรก็ตาม Liu (1997) พบว่า การแช่ ลวก หรือบดด้วยด่าง เช่น โซเดียมไบคาร์บอเนต แม้จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำนมถั่วเหลืองที่มีกลิ่นรสดี แต่จะพบการทำลายสารอาหารบางชนิดเช่น กรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ และวิตามิน นอกจากนี้อาจทำให้น้ำนมถั่วเหลืองที่ได้มีสีคล้ำเล็กน้อยหรือมีกลิ่นคล้ายสบู่ (soapy) เกิดขึ้น

Borhan and Synder(1979) พบว่าการแช่ถั่วเหลืองในสารละลายเอทธานอลซึ่งมีความเข้มข้น 30-35 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะมีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการยับยั้งเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส เมื่อศึกษาโดยใช้ความร้อนร่วมกับเอทธานอลพบว่า หากอุณหภูมิสูงขึ้นจะสามารถใช้ความเข้มข้นของเอทธานอลลดลงได้ สภาวะที่เหมาะสมซึ่งยังมีดัชนีการละลายของไนโตรเจนสูงคืออุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ที่ความเข้มข้นของเอทธานอล 15 เปอร์เซ็นต์

Che man et. al. (1989) ศึกษาการยับยั้งเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสในน้ำนมถั่วเหลืองโดยใช้พีเอชต่ำ พบว่าการบดเมล็ดถั่วเหลืองด้วยกรดที่มีพีเอช 3.0 จะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเอนไซม์ได้อย่างสมบูรณ์ โดยเป็นการยับยั้งแบบไม่ผันกลับ สามารถควบคุมกลิ่นถั่วเหลืองได้โดยที่ยังมีการละลายของโปรตีนมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการยับยั้งนี้เป็นผลมาจากสภาพที่เป็นกรดทำให้เอนไซม์เกิดการเสียสภาพ

Ediriweera (1996) ศึกษาถึงการลดกลิ่นถั่วในน้ำนมถั่วเหลืองโดยเติมแคลเซียมคาร์บอเนต 0.02 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักถั่วแห้งในขั้นตอนของการบดถั่วกับน้ำและนำไปให้ความร้อนที่ 98-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1.5 นาที จะได้น้ำนมถั่วเหลืองที่ปราศจากกลิ่นถั่ว การเติมแคลเซียมคาร์บอเนตนี้สามารถลดการเกิดสารเฮกซาแนลได้ และจากการศึกษาด้วย SDS-PAGE พบว่า ถ้าเติมแคลเซียมคาร์บอเนตแต่ไม่ผ่านการให้ความร้อนจะมีเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสลดลง หากเติมแคลเซียมคาร์บอเนตและผ่านการให้ความร้อนด้วยนั้นจะไม่พบเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสเลย สันนิษฐานว่าแคลเซียมคาร์บอเนตสามารถยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสโดยอนุภาคของแคลเซียมจะมีผลต่อสับสเตรทของเอนไซม์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 แคลเซียมคาร์บอเนต

แคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate) มีสูตรโมเลกุลคือ $CaCO_3$ น้ำหนักโมเลกุล 100.09

ประกอบด้วย คาร์บอน (C) 12.00%
แคลเซียม (Ca) 40.04%
ออกซิเจน (O) 47.96% (Budavari, 1996)

คุณสมบัติของแคลเซียมคาร์บอเนต (กล้าณรงค์และจุนทนี,2539)

1. ค่าความเป็นกรดด่าง มีค่าความเป็นกรดด่าง 9-9.5

2. การละลาย สามารถละลายได้เฉพาะที่ pH เป็นกลาง ไม่ละลายน้ำและแอลกอฮอล์ ถ้ามีเกลือแอมโมเนีย หรือคาร์บอนไดออกไซด์อยู่จะเพิ่มความสามารถการละลาย แต่ถ้ามี alkali hydroxide อยู่จะลดความสามารถในการละลาย

3. ขนาดอนุภาค มีหลายขนาด ตั้งแต่ผงละเอียดจนถึงผงหยาบ

4. การใช้ประโยชน์ และหน้าที่ของแคลเซียมคาร์บอเนต

- เป็นแหล่งของปูนขาว (lime หรือแคลเซียมออกไซด์) ได้จากการให้ความร้อนแก่หินปูน(limestone) ในเตาเผา แคลเซียมคาร์บอเนตที่ได้จะใช้เป็น filler ในผงฟู
- เป็นแหล่งของแคลเซียมไอออนในของหวานชนิด drymix
- เป็นสารที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางตัวหนึ่งใน antacids เรียกว่า limestone
- เป็นสาร anticaking dough และ stregthener

2.8 โซเดียมไบคาร์บอเนต

โซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium Bicarbonate) หรือ Baking Soda หรือ Sodium Acid Carbonate หรือ Sodium hydrogen carbonate มีสูตรโมเลกุล คือ $NaHCO_3$ มีน้ำหนักโมเลกุล 84.01

ประกอบด้วย คาร์บอน (C) 14.30%
ไฮโดรเจน (H) 1.20%
โซเดียม (Na) 27.37%
ออกซิเจน (O) 57.14%

โซเดียมไบคาร์บอเนต เป็นสารที่ใช้ทำให้ขนมฟู และอ่อนนุ่ม, ใช้ในเครื่องดื่มผสมแห้ง เพื่อให้เกิดกาซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเกิดเมื่อเติมน้ำลงในส่วนผสม (กล้าณรงค์และจุนทนี,2539)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 ปัจจัยและกรรมวิธีที่เลือกใช้ในการศึกษาผลของสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดกลิ่นถั่วต่อการเกิดเจลของโปรตีนถั่วเหลือง

1. พันธุ์ถั่วเหลือง

น้ำทิพย์ วงษ์ประทีป (2540) พบว่า การใช้อัตราส่วนน้ำต่อน้ำหนักถั่วแห้ง 5:1 น้ำนมถั่วเหลืองพันธุ์ สจ. 4 มีปริมาณโปรตีน 5.309 เปอร์เซ็นต์, สจ. 5 มีปริมาณโปรตีน 5.117 เปอร์เซ็นต์ และ เชียงใหม่ 60 มีปริมาณโปรตีน 4.699 เปอร์เซ็นต์ ทั้งสามพันธุ์เมื่อใช้สารตกตะกอน $CaSO_4.2H_2O$ 2% พบว่า สจ. 4และ สจ.5 สามารถเกิดเจลได้ โดยเจลที่ได้จากถั่วเหลืองพันธุ์ สจ. 4 มีความแข็งแรงมากกว่าเจลที่ได้จากถั่วเหลืองพันธุ์ สจ. 5 ส่วนเชียงใหม่ 60ไม่มีการฟอร์ม สาเหตุอาจเนื่องมาจากปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ต่ำ และเมื่อใช้สารตกตะกอน GDL 1% พบว่า สามารถเกิดเจลได้ทั้ง 3 พันธุ์ โดย สจ. 4 จะให้เจลที่มีความแข็งแรงและยืดหยุ่น และลักษณะสีของเจลที่ได้จะมีความขาวสว่าง (L) มากกว่าถั่วเหลืองพันธุ์อื่น

2. การเอาเปลือกถั่วเหลืองออก

การเตรียมน้ำนมถั่วเหลืองจากถั่วเหลืองที่เอาเปลือกออกจะใช้ระยะเวลาในการแช่ที่สั้น ได้น้ำนมถั่วเหลืองที่มีสีขาวน่ารับประทาน มีกลิ่นถั่วน้อย และไม่มีรสขม นอกจากนี้การเอาเปลือกออกยังเป็นการลดจำนวนแบคทีเรียที่มีอยู่ จึงช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ (ฉรงค์ นิยมวิทย์,2528)

3. การแช่ถั่วเหลือง

ก่อนนำถั่วเหลืองไปแช่น้ำควรล้างอย่างน้อย 3ครั้ง ปริมาณน้ำที่ใช้ในการแช่ไม่ควรต่ำกว่า 3 เท่า ของน้ำหนักถั่วแห้ง (ฉรงค์ นิยมวิทย์,2528) การแช่น้ำจะทำให้เนื้อเมล็ดนิ่ม การบดและสกัดทำได้ง่าย มีของแข็งและโปรตีนละลายน้ำได้มาก

4. การบดถั่วเหลือง

ควรใช้น้ำ 1 เท่าตัวในการบดถั่วเหลือง และน้ำที่ใช้ควรเป็นน้ำร้อนเพื่อช่วยลดกลิ่นถั่วได้มาก น้ำนมถั่วเหลืองจะมีกลิ่นและรสชาติดีกว่าน้ำนมที่ได้จากการตีปั่นในน้ำเย็น เพราะน้ำร้อนแทรกซึมเข้าไปในเนื้อถั่วและทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น จึงช่วยระงับปฏิกิริยาการเกิดกลิ่นถั่วโดยเฉพาะอุณหภูมิของถั่วเหลืองที่บดแล้วมีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 80° ซ นอกจากนี้ยังทำให้ลดเวลาที่ใช้ต้มให้น้อยลง

5. การต้มน้ำนมถั่วเหลือง

วันชัย (2527) พบว่า อุณหภูมที่เหมาะสมในการรักษาคุณค่าทางโภชนาการได้มากที่สุดและไม่ทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของเต้าหู้เสียไป คือ การใช้ความร้อนประมาณ 90 องศาเซลเซียส นาน 10-15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ชนิดและปริมาณสารตกตะกอน

การใช้ปริมาณที่เหมาะสมจะทำให้หางนมใส ถ้าน้อยเกินไปหางนมจะขุ่น โปรตีนตกตะกอนไม่หมด แต่ถ้าให้มากเกินไป ปริมาตรเต้าหู้จะลดลง เนื้อแข็งและมีรสขม(ณรงค์,2528)

สมชายและคณะ(2525) พบว่า การใช้สารตกตะกอน GDL ในปริมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ในการผลิตเต้าหู้หลอด จะได้เต้าหู้ที่มีลักษณะ สี กลิ่นรส และเนื้อเต้าหู้ที่ผู้ชิมยอมรับค่อนข้างสูง

สมชาย (2533) ได้ทำการศึกษาทดลองพบว่า เต้าหู้หลอดที่ให้แคลเซียมซัลเฟตในปริมาณร้อยละ 2-3 โดยน้ำหนักของถั่วเหลืองแห้งทั้งเมล็ด และเต้าหู้หลอดที่ใช้กลูโคโนเดลต้าแลคโทนในปริมาณร้อยละ 1 โดยน้ำหนักของถั่วแห้งทั้งเมล็ด เป็นสารตกตะกอนโปรตีนจากน้ำนมถั่วเหลืองเป็นที่ยอมรับในการบริโภคจากผู้ชิมสูงสุด และไม่แตกต่างกันทางสถิติ

7. อุณหภูมิขณะทำการตกตะกอน

ถ้าอุณหภูมิสูง จะเกิดปฏิกิริยาเร็ว ใช้สารตกตะกอนน้อย เต้าหู้ที่ได้มีเนื้อแข็งหยาบ อุณหภูมิที่ใช้ขึ้นกับชนิดของเจลเต้าหู้

ตารางที่ 5 อุณหภูมิและปริมาณของสารตกตะกอนที่ใช้ในการเกิดเจลเต้าหู้ชนิดต่างๆ

ชนิดของเต้าหู้	สารตกตะกอน	ปริมาณ (% ของน้ำหนักถั่วแห้ง)	อุณหภูมิ (C)
เต้าหู้แข็ง	สารประกอบคลอไรด์	3.0	78-85
	แคลเซียมซัลเฟต	2.2	70-75
	แลคโตน	3.0	90
	น้ำมะนาว	21.0	80-90
	น้ำส้ม	16.4	80-90
เต้าหู้อ่อน	สารประกอบคลอไรด์	3.1	65-68
	แคลเซียมซัลเฟต	2.7	70
เต้าหู้หลอด	แลคโตน	1.0	85-90
	แคลเซียมซัลเฟต $_x$	2.0	90
เต้าฮวย	แคลเซียมซัลเฟต	2.7	70

ที่มา : น้ำทิพย์ วงษ์ประทีป(2540)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. การผสมขณะตกตะกอน ต้องไม่แรงนัก ถ้าคนมากตะกอนจะแข็งกระด้าง มีฟองอากาศ

9. การกำจัดหางนม ในกรณีของเต้าหู้แข็ง น้ำเวย์(whey) ที่เหลือจากการจับตัวเป็นก้อนของโปรตีน ต้องกำจัดออกไปส่วนหนึ่งก่อนที่จะนำก้อนโปรตีนใส่ลงพิมพ์ จะทำให้เต้าหู้จับตัวเป็นก้อนได้ดีขึ้น

การกดทับ ในกรณีของเต้าหู้แข็งใช้น้ำหนัก 20-100 กรัมต่อตารางเซนติเมตร นาน 20-30 นาที (สมจิตรและเพลินใจ,2538) หลังจากนั้นยกพิมพ์แช่ลงในน้ำเย็น คว่ำเต้าหู้ออก การแช่น้ำจะช่วยให้แกะออกจากพิมพ์ได้ง่ายโดยไม่ติดผ้า

ในกรณีของเต้าหู้หลอด อุณหภูมิในการให้ความร้อนเพื่อเกิดการฟอร์มเจลของสารตกตะกอนGDL ที่ดี คือ 90-95 องศาเซลเซียส เนื่องจากที่อุณหภูมิดังกล่าวจะทำให้โปรตีนถูก denatured และเกิดโครงสร้างร่างแหของเจลที่มีความแข็งแรงและความยืดหยุ่นที่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

96800

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

1. ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.4 จากศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ต.หนองหาร อ. สันทราย จ. เชียงใหม่
2. สารตกตะกอน
    - 2.1 กลูโคโนเดลต้าแลคโตน (Glucono-δ-lactone)
    - 2.2 แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4.7H_2O$)
    - 2.3 แคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4.2H_2O$)
    - 2.4 แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2.2H_2O$)
3. สารเคมี
    - 3.1 โซเดียมไฮโดรคาร์บอเนต ($NaHCO_3$)
    - 3.2 แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$)

3.2 อุปกรณ์ในการผลิต

1. เครื่องปั่นผสมอาหาร(blender)
2. เครื่องชั่งชนิดหยาบ
3. เครื่องชั่งชนิดละเอียด
4. อ่างน้ำร้อน
5. เครื่องโม่ผ่าซีกถั่วเหลือง
6. ถุงพลาสติก(HD)
7. ตะแกรงแยกเจิร์ม
8. ตู้เย็น
9. เตาแก๊ส
10. หนังยาง
11. กะละมังสเตนเลส
12. กระชอน
13. กระบอกตวง 1000 มิลลิลิตร
14. บีกเกอร์ 250 มิลลิลิตร
15. บีกเกอร์ 1000 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16.ช้อนตักสาร

17.ตะแกรงสะเด็ดน้ำ

18.ผ้าขาวบางตาถี่

3. 3 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์

1.เครื่องวัด pH

2.Refractometer

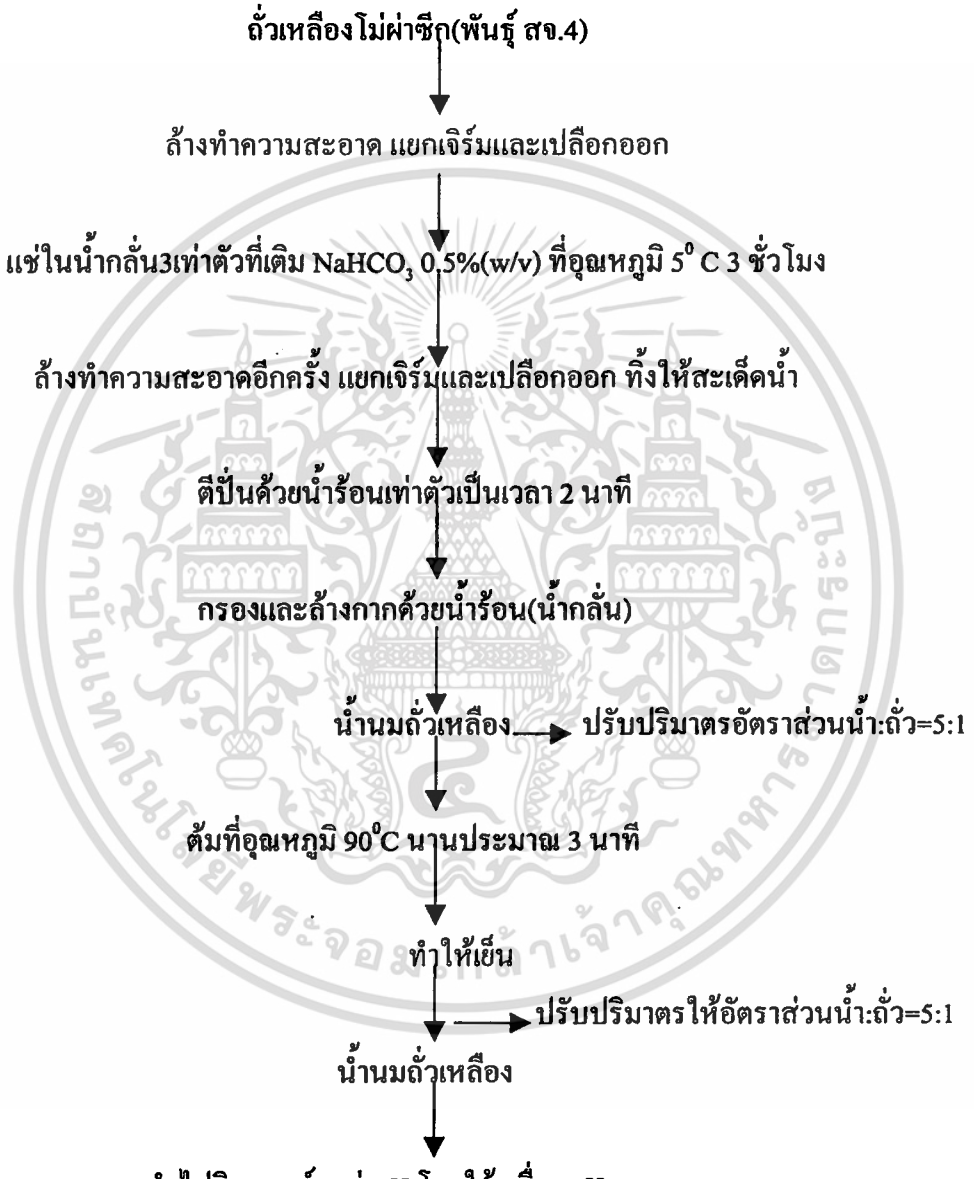
3.อุปกรณ์เครื่องแก้วและเคมีภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วิธีการทดลอง

1.การศึกษาผลของปริมาณสารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต0.5%(w/v)ที่ใช้ในน้ำแช่ถั่วต่อการเกิดเจลของโปรตีนถั่วเหลือง

1.1<u>การเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง</u>



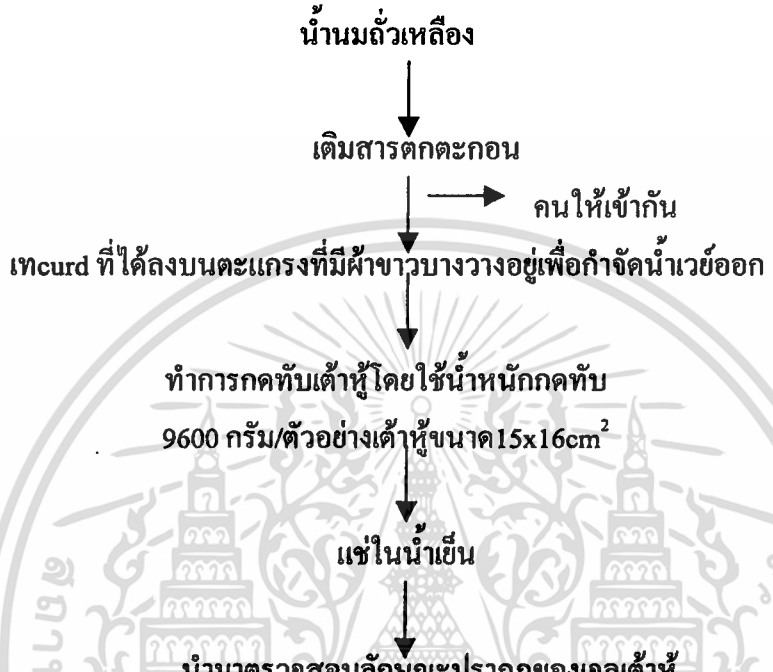
ภาพที่ 3 แสดงขั้นตอนการเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง $NaHCO_3$ 0.5%(w/v) ที่ใช้ในน้ำแช่ถั่วเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18380

1.2 <u>การผลิตเต้าหู้แข็ง</u>

นำน้ำนมถั่วเหลืองที่เตรียมได้มาผลิตเต้าหู้แข็ง



ภาพที่ 4 แสดงขั้นตอนการผลิตเต้าหู้แข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

1.3 <u>การผลิตเต้าหู้หลอด</u>

นำน้ำนมถั่วเหลืองที่เตรียมได้มาผลิตเต้าหู้หลอดตามวิธีของน้ำทิพย์ วงษ์ประทีป(2540)

ภาพที่ 5 แสดงขั้นตอนการผลิตเต้าหู้หลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การศึกษาผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต 0.1% (w/w) ในขณะตีปั่นถั่วเหลืองต่อการเกิดเจลของโปรตีนถั่วเหลือง

2.1<u>การเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง</u>

ภาพที่ 6 แสดงขั้นตอนการเตรียมน้ำนมถั่วเหลืองโดยใช้ $CaCO_3$ 0.1%(w/w)ในขณะตีปั่นถั่วเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การผลิตเต้าหู้แข็ง

นำน้ำนมถั่วเหลืองที่เตรียมได้มาผลิตเต้าหู้แข็ง ดังภาพที่ 4

2.3 การผลิตเต้าหู้หลอด

นำน้ำนมถั่วเหลืองที่เตรียมได้มาผลิตเต้าหู้หลอดตามวิธีของน้ำทิพย์ วงษ์ประทีป(2540) ดังภาพที่ 5

3. การตรวจสอบคุณภาพของเจลเต้าหู้หลอดและเจลเต้าหู้แข็ง

3.1 ลักษณะปรากฏของเจลเต้าหู้

โดยสังเกตด้วยตาเปล่า เพื่อดูลักษณะปรากฏภายนอกของเจลเต้าหู้ว่าเกิดเจลหรือไม่ และทำการถ่ายภาพเก็บไว้

3.2 การวิเคราะห์หาปริมาณ syneresis

วิธีการหาปริมาณ syneresis ทำได้โดยนำเจลเต้าหู้ตัวอย่างมาตัดวางบนกระดาษกรองที่อยู่ในภาชนะปิดสนิท(ทราบน้ำหนักกระดาษกรองและภาชนะ)ชั่งน้ำหนัก จดบันทึก ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นนำเจลเต้าหู้ตัวอย่างมาชั่งน้ำหนัก จดบันทึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

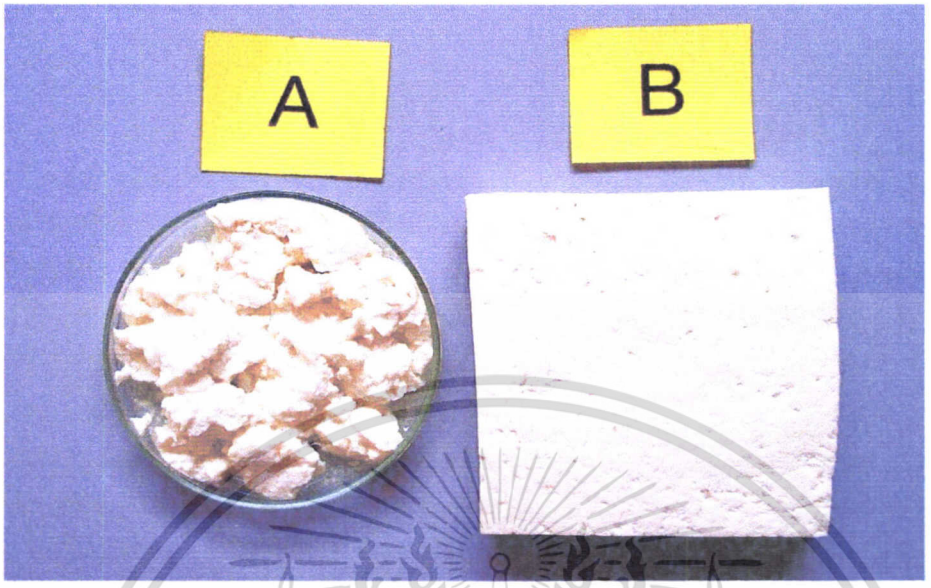
บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลของการทดลองผลิตเต้าหู้แข็งเมื่อเติมสารละลาย $NaHCO_3$ 0.5% (w/v) ในน้ำแช่ถั่ว ที่ใช้สารตกตะกอนต่างชนิดกัน

จากการทดลองพบว่า การเติมสารละลาย $NaHCO_3$ 0.5% (w/v) ในน้ำแช่ถั่วนั้นจะช่วยให้น้ำนมมีสีและกลิ่นดีขึ้น แต่เมื่อนำน้ำนมที่ได้ไปเติมสารตกตะกอนต่างชนิดกันได้แก่ $MgSO_4$ 2.2%, $CaSO_4$ 2.2%, $CaCl_2$ 3.0%,$MgSO_4$ 3.0% หรือ $CaSO_4$ 3.0% จากนั้นนำไปให้ความร้อนเพื่อทำให้เกิดเจล จะพบว่า น้ำนมถั่วเหลืองที่ใช้สารตกตะกอน $MgSO_4$ 2.2% หรือ $CaSO_4$ 2.2%จะไม่สามารถเกิดการฟอร์มเจล (ภาพที่ 7, ภาพที่ 8) แต่น้ำนมถั่วเหลืองที่ใช้สารตกตะกอน $CaCl_2$ 3.0% สามารถเกิดการฟอร์มเจลได้ (ภาพที่ 9) เมื่อนำไปวิเคราะห์ทางเคมี พบว่า การเติม $NaHCO_3$ 0.5% (w/v) ในน้ำแช่ถั่ว ทำให้ค่าpH ของน้ำนมถั่วเหลืองสูงขึ้น (ตารางที่6) สภาวะที่เป็นด่างเพิ่มขึ้นของน้ำนม อาจเป็นสาเหตุทำให้เมื่อเติมสารตกตะกอนแล้วไม่เกิดการฟอร์มเจล (Kohyama และคณะ,1993) ดังนั้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารตกตะกอน $MgSO_4$ และ $CaSO_4$ เป็น 3 เปอร์เซ็นต์ เพื่อเพิ่มประจุบวก พบว่า สามารถเกิดการฟอร์มเจลได้(ภาพที่ 10) แต่ลักษณะเจลเต้าหู้แข็งที่ใช้สารตกตะกอน $MgSO_4$ 3% มีความหนาของแผ่นเต้าหู้น้อยกว่า และแข็งกว่าเจลเต้าหู้แข็งที่ใช้สารตกตะกอน $CaSO_4$ 3% นอกจากนี้ยังพบว่ารสชาติของเจลเต้าหู้แข็งทั้งสองนี้มีรสขมเฝื่อน ส่วนในกรณีของเต้าหู้แข็งที่ใช้สารตกตะกอน $CaCl_2$ สามารถเกิดเจลได้และรสชาติของเจลเต้าหู้แข็งก็ไม่มีรสขมเฝื่อน เนื่องมาจากปริมาณของสารตกตะกอน$CaCl_2$ ที่ใช้ในการเกิดเจลของเต้าหู้แข็งเป็น 3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นปริมาณที่เหมาะสมและให้ประจุบวกที่เพียงพอในการเกิดโครงสร้างร่างแหที่สามารถเก็บกักน้ำเวย์เอาไว้ได้ อย่างไรก็ตามเจลที่ได้ก็ไม่ดีเมื่อเทียบกับเต้าหู้แข็งที่ไม่เติมสารเคมีในการกำจัดกลิ่นถั่ว เพราะเมื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณ syneresis ก็พบว่า เปอร์เซ็นต์การแยกชั้นของน้ำในเต้าหู้แข็งที่เติมสารละลาย $NaHCO_3$ 0.5% (w/v) ในน้ำแช่ถั่ว มีปริมาณสูงกว่าของเต้าหู้แข็งที่ไม่เติมสารเคมีในการกำจัดกลิ่นถั่ว ดังตารางที่ 7

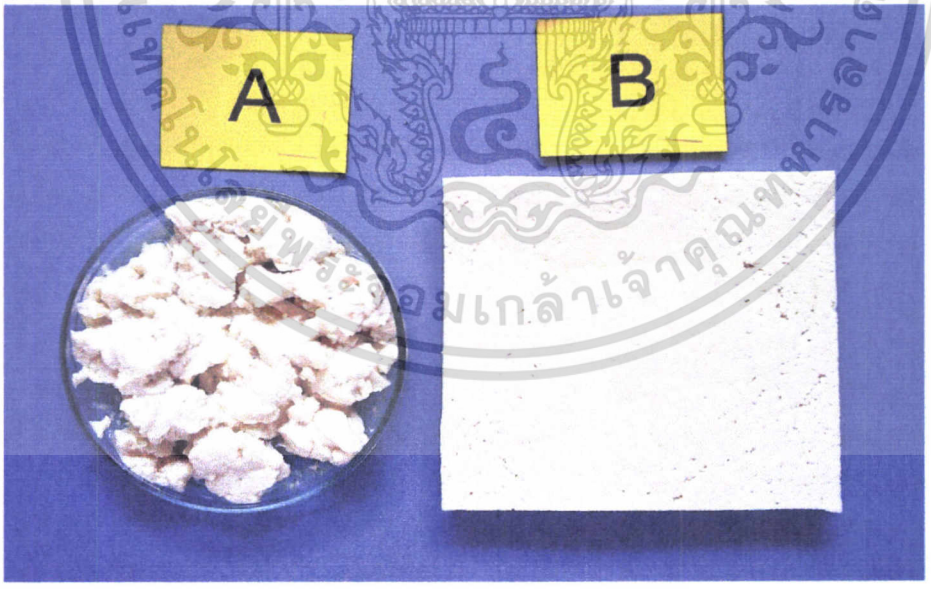
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 7 ลักษณะปรากฏของเจลเต้าหู้แข็งเมื่อใช้สารตกตะกอนแมกนีเซียมซัลเฟต 2.2%

A = เมื่อใช้สารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต 0.5% (w/v) ในน้ำแช่ถั่ว

B = เมื่อใช้สารแคลเซียมคาร์บอเนต 0.1% (w/w) ในการตีปั่นถั่วเหลือง

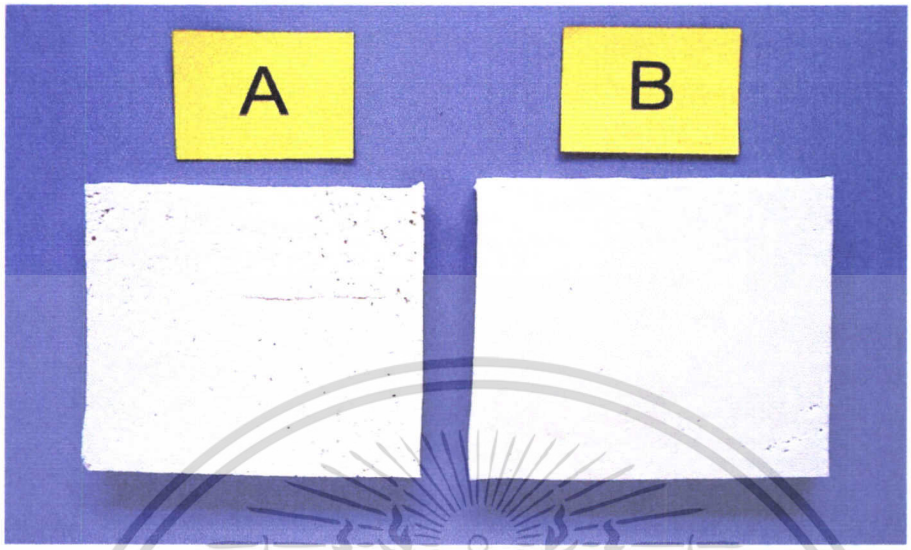


ภาพที่ 8 ลักษณะปรากฏของเจลเต้าหู้แข็งเมื่อใช้สารตกตะกอนแคลเซียมซัลเฟต 2.2%

A = เมื่อใช้สารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต 0.5% (w/v) ในน้ำแช่ถั่ว

B = เมื่อใช้สารแคลเซียมคาร์บอเนต 0.1% (w/w) ในการตีปั่นถั่วเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 9ลักษณะปรากฏของเจลเต้าหู้แข็งเมื่อใช้สารตกตะกอนแคลเซียมคลอไรด์ 3.0%

A = เมื่อใช้สารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต 0.5%(w/v)ในน้ำแช่ถั่ว

B = เมื่อใช้สารแคลเซียมคาร์บอเนต 0.1% (w/w)ในการตีปั่นถั่วเหลือง

ภาพที่ 10 ลักษณะปรากฏของเจลเต้าหู้แข็งเมื่อใช้สารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต 0.5% (w/v) ในน้ำแช่ถั่ว

A = เมื่อใช้สารตกตะกอนแคลเซียมซัลเฟต3.0%

B = เมื่อใช้สารตกตะกอนแมกนีเซียมซัลเฟต3.0%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ของน้ำนมถั่วเหลืองเมื่อเติมสารละลาย $NaHCO_3$ 0.5%(w/v) ในน้ำแช่ถั่ว

สารเคมีที่ใช้ในการกำจัดกลิ่นถั่ว	ชนิดของสารตกตะกอน	การวิเคราะห์	
		ปริมาณของแข็งในน้ำนม (^{o}Brix)*	pH*
สารละลาย $NaHCO_3$ 0.5% (w/v)ในน้ำแช่ถั่ว	$MgSO_4$ 2.2%	11.67^{ns}	6.63^{a}
	$CaSO_4$ 2.2%	11.60^{ns}	6.64^{a}
	$CaCl_2$ 3.0%	11.60^{ns}	6.68^{a}
ไม่เติมสารเคมี (control)	$MgSO_4$ 2.2%	11.67^{ns}	6.34^{b}
	$CaSO_4$ 2.2%	11.53^{ns}	6.33^{b}
	$CaCl_2$ 3.0%	11.67^{ns}	6.34^{b}

* ได้จากค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ

^{ab} ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์การแยกชั้นของน้ำของเจลเต้าหู้แข็งเมื่อเติมสารละลาย $NaHCO_3$ 0.5% (w/v) ในน้ำแช่ถั่ว

สารเคมีที่ใช้ในการกำจัดกลิ่นถั่ว	ชนิดของสารตกตะกอน	เปอร์เซ็นต์การแยกชั้นของน้ำ*
สารละลาย $NaHCO_3$ 0.5% (w/v) ในน้ำแช่ถั่ว	$MgSO_4$ 2.2%	11.74^{b}
	$CaSO_4$ 2.2%	11.45^{b}
	$CaCl_2$ 3.0%	2.51^{a}
ไม่เติมสารเคมี (control)	$MgSO_4$ 2.2%	0.33^{d}
	$CaSO_4$ 2.2%	0.32^{d}
	$CaCl_2$ 3.0%	0.17^{c}

* ได้จากค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ

^{abcd} ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลของการทดลองผลิตเต้าหู้แข็งเมื่อเติมสาร $CaCO_3$ 0.1% (w/w) ในขณะตีปั่นถั่วเหลืองที่ใช้สารตกตะกอนต่างชนิดกัน

จากการทดลองพบว่า การเติมสาร $CaCO_3$ 0.1% (w/w) ในขณะตีปั่นถั่วนั้นจะช่วยให้น้ำนมมีกลิ่นดีขึ้นและเมื่อนำน้ำนมที่ได้ไปเติมสารตกตะกอนต่างชนิดกัน ได้แก่ $MgSO_4$ 2.2%, $CaSO_4$ 2.2% หรือ $CaCl_2$ 3.0% จากนั้นนำไปให้ความร้อนเพื่อทำให้เกิดเจลพบว่า น้ำนมถั่วเหลืองที่ใช้สารตกตะกอน$MgSO_4$ 2.2%,$CaSO_4$ 2.2%หรือ $CaCl_2$ 3.0% สามารถเกิดการฟอร์มเจลได้ (ภาพที่ 7, ภาพที่ 8,ภาพที่ 9) เมื่อนำไปวิเคราะห์ทางเคมีพบว่า การเติม $CaCO_3$ 0.1% (w/w) ในขณะตีปั่นถั่วทำให้ค่าpH ของน้ำนมถั่วเหลืองสูงขึ้น แต่ค่าpHก็สูงขึ้นไม่มากเมื่อเทียบกับน้ำนมถั่วเหลืองที่ไม่เติมสารเคมีในการกำจัดกลิ่นถั่ว (ตารางที่8)จึงทำให้สามารถเกิดการฟอร์มเจลของเต้าหู้แข็งได้ เนื่องจากประจุบวกที่ได้จากสารตกตะกอนมีเพียงพอกับประจุรวมที่เป็นลบของโมเลกุลของโปรตีน เป็นผลทำให้เกิดการฟอร์มของ aggregate เกิดโครงสร้างร่างแหที่สามารถเก็บกักน้ำเวย์เอาไว้ได้ แต่อย่างไรก็ตามค่า pH ของน้ำนมถั่วเหลืองที่สูงขึ้นก็มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การแยกชั้นของน้ำในเต้าหู้แข็ง โดยพบว่าเปอร์เซ็นต์การแยกชั้นของน้ำในเต้าหู้แข็งที่เติมสาร$CaCO_3$0.1% (w/w)ในขณะตีปั่นถั่วมีปริมาณสูงกว่าของเต้าหู้แข็งที่ไม่เติมสารเคมีในการกำจัดกลิ่นถั่ว ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ของน้ำนมถั่วเหลืองเมื่อเติมสาร $CaCO_3$ 0.1% (w/w) ในขณะตีปั่นถั่วเหลือง

สารเคมีที่ใช้ในการกำจัดกลิ่นถั่ว	ชนิดของสารตกตะกอน	การวิเคราะห์	
		ปริมาณของแข็งในน้ำนม (°Brix)*	pH*
$CaCO_3$0.1%(w/w)ในขณะตีปั่นถั่วเหลือง	$MgSO_4$ 2.2%	11.67^{ns}	6.41^{a}
	$CaSO_4$ 2.2%	11.60^{ns}	6.42^{a}
	$CaCl_2$ 3.0%	11.53^{ns}	6.45^{a}
ไม่เติมสารเคมี (control)	$MgSO_4$ 2.2%	11.67^{ns}	6.34^{b}
	$CaSO_4$ 2.2%	11.53^{ns}	6.33^{b}
	$CaCl_2$ 3.0%	11.67^{ns}	6.34^{b}

* ได้จากค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ

^{ab}ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์การแยกชั้นของน้ำของเจลเต้าหู้แข็งเมื่อเติมสาร $CaCO_3$ 0.1% (w/w) ในขณะตีปั่นถั่วเหลือง

สารเคมีที่ใช้ในการกำจัดกลิ่นถั่ว	ชนิดของสารตกตะกอน	เปอร์เซ็นต์การแยกชั้นของน้ำ*
$CaCO_3$ 0.1% (w/w) ในขณะตีปั่นถั่วเหลือง	$MgSO_4$ 2.2%	1.02[b]
	$CaSO_4$ 2.2%	1.04[b]
	$CaCl_2$ 3.0%	0.85[a]
ไม่เติมสารเคมี (control)	$MgSO_4$ 2.2%	0.33[d]
	$CaSO_4$ 2.2%	0.32[d]
	$CaCl_2$ 3.0%	0.17[c]

* ได้จากค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ

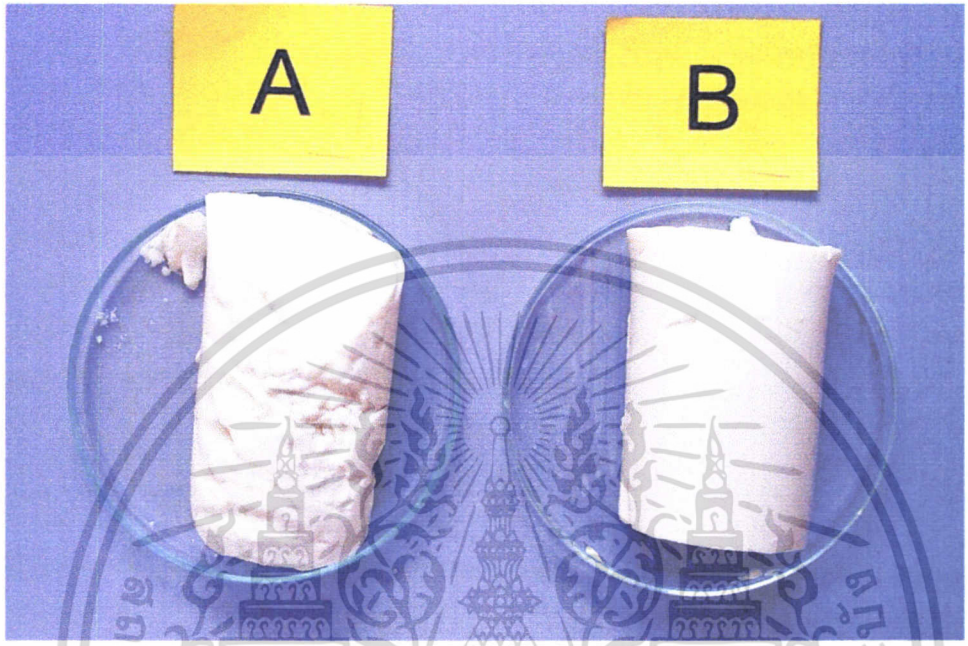
[abcd] ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. ผลของการทดลองผลิตเต้าหู้หลอดเมื่อเติมสารละลาย $NaHCO_3$ 0.5%(w/v) ในน้ำแช่ถั่ว

จากการทดลอง พบว่า การเติมสารละลาย $NaHCO_3$ 0.5%(w/v) ลงในน้ำที่ใช้แช่ถั่วนั้นจะช่วยทำให้น้ำนมมีสีและกลิ่นดีขึ้น แต่เมื่อนำน้ำนมที่ได้ไปเติมสารตกตะกอน GDL 1% และไปให้ความร้อนเพื่อทำให้เกิดเจลจะพบว่า น้ำนมถั่วเหลืองสามารถเกิดการฟอร์มเจล แต่เป็นเจลที่อ่อน (weak gel) (ภาพที่ 11) สาเหตุเนื่องมาจากค่า pHของน้ำนมถั่วเหลืองที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับน้ำนมถั่วเหลืองที่ไม่เติมสารเคมีในการกำจัดกลิ่นถั่ว (ตารางที่ 10) จึงทำให้ประจุบวกที่ได้จากสารตกตะกอนที่เติมลงไปไม่เพียงพอกับประจุลบที่เพิ่มขึ้น เป็นผลทำให้การฟอร์มของ aggregate เกิดโครงสร้างร่างแหที่เก็บกักน้ำเวย์ได้ไม่ดี ซึ่งเมื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณsyneresis พบว่าเปอร์เซ็นต์การแยกชั้นของน้ำในเต้าหู้หลอดที่เติมสารละลาย $NaHCO_3$ 0.5%(w/v) ในน้ำแช่ถั่วมีปริมาณที่สูงกว่าของเต้าหู้หลอดที่ไม่เติมสารเคมีในการกำจัดกลิ่นถั่ว ดังตารางที่ 11 การแก้ไขอาจเพิ่มความเข้มข้นของสารตกตะกอน GDL เพื่อเพิ่มประจุบวก โดยได้ทดลองเพิ่มปริมาณ GDL เป็น 2 เปอร์เซ็นต์ พบว่า น้ำนมถั่วเหลืองที่ได้สามารถเกิดการฟอร์มเจลของเต้าหู้หลอดที่มีเนื้อสัมผัสที่ดีแข็งขึ้น(ภาพที่ 12) แต่รสชาติของเจลเต้าหู้หลอดที่ได้มีรสขมเฝื่อน และเมื่อทำการวิเคราะห์หา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณ syneresis ก็พบว่า เต้าหู้หลอดที่ใช้สารตกตะกอน GDL 2% มีเปอร์เซ็นต์การแยกชั้นของน้ำเท่ากับ 3.27% ซึ่งน้อยกว่าของเต้าหู้หลอดที่ใช้สารตกตะกอน GDL 1%



ภาพที่ 11 ลักษณะปรากฏของเจลเต้าหู้หลอดเมื่อใช้สารตกตะกอน GDL 1%

A = เมื่อใช้สารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต 0.5%(w/v)ในน้ำแช่ถั่ว

B = เมื่อใช้สารแคลเซียมคาร์บอเนต 0.1% (w/w)ในการตีปั่นถั่วเหลือง

ภาพที่12 ลักษณะปรากฏของเจลเต้าหู้หลอดเมื่อใช้สารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต 0.5% (w/v) ในน้ำแช่ถั่ว และสารตกตะกอนที่ใช้คือ GDL 2.0%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ของน้ำนมถั่วเหลืองเมื่อเติมสารละลาย $NaHCO_3$ 0.5%(w/v) ในน้ำแช่ถั่ว

สารเคมีที่ใช้ในการกำจัดกลิ่นถั่ว	ชนิดของสารตกตะกอน	การวิเคราะห์	
		ปริมาณของแข็งในน้ำนม (^{0}Brix)*	pH*
สารละลาย $NaHCO_3$ 0.5%(w/v) ในน้ำแช่ถั่ว	GDL 1.0%	11.6^{ns}	6.57^{a}
ไม่เติมสารเคมี(control)	GDL 1.0%	11.6^{ns}	6.31^{b}

* ได้จากค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ

^{ab}ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์การแยกชั้นของน้ำของเจลเต้าหู้หลอดเมื่อเติมสารละลาย $NaHCO_3$ 0.5% (w/v) ในน้ำแช่ถั่ว

สารเคมีที่ใช้ในการกำจัดกลิ่นถั่ว	ชนิดของสารตกตะกอน	เปอร์เซ็นต์การแยกชั้นของน้ำ*
สารละลาย$NaHCO_3$ 0.5%(w/v)ในน้ำแช่ถั่ว	GDL 1.0%	8.34^{a}
ไม่เติมสารเคมี(control)	GDL 1.0%	1.65^{b}

* ได้จากค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ

^{ab}ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ผลการทดลองผลิตเต้าหู้หลอดเมื่อเติมสาร $CaCO_3$ 0.1%(w/w) ในขณะตีปั่นถั่วเหลือง

จากการทดลองพบว่า การเติมสาร $CaCO_3$ 0.1% (w/w) ในขณะตีปั่นถั่วนั้นจะช่วยให้น้ำนมมีกลิ่นดีขึ้นและเมื่อนำน้ำนมที่ได้ไปเติมสารตกตะกอนGDL 1% จากนั้นนำไปให้ความร้อนเพื่อทำให้เกิดเจลพบว่า น้ำนมถั่วเหลืองสามารถเกิดการฟอร์มเจลได้ (ภาพที่ 11) เมื่อนำไปวิเคราะห์ทางเคมีพบว่า การเติม $CaCO_3$ 0.1% (w/w) ในขณะตีปั่นถั่ว ทำให้ค่าpH ของน้ำนมถั่วเหลืองสูงขึ้น แต่ค่าpHก็สูงขึ้นไม่มากเมื่อเทียบกับน้ำนมถั่วเหลืองที่ไม่เติมสารเคมีในการกำจัดกลิ่นถั่ว(ตารางที่12) จึงทำให้สามารถเกิดการฟอร์มเจลของเต้าหู้หลอดได้ เนื่องจากประจุบวกที่ได้จากสารตกตะกอนมีเพียงพอกับประจุรวมที่เป็นลบของโมเลกุลของโปรตีน เป็นผลทำให้เกิดการฟอร์มของ aggregate เกิดโครงสร้างร่างแหที่สามารถเก็บกักน้ำเวย์เอาไว้ได้ แต่อย่างไรก็ตามค่า pH ของน้ำนมถั่วเหลืองที่สูงขึ้นก็มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การแยกชั้นของน้ำในเต้าหู้หลอด โดยพบว่าเปอร์เซ็นต์การแยกชั้นของน้ำของเต้าหู้หลอดที่เติมสาร$CaCO_3$0.1% (w/w)ในขณะตีปั่นถั่วเหลืองมีปริมาณสูงกว่าของเต้าหู้หลอดที่ไม่เติมสารเคมีในการกำจัดกลิ่นถั่ว ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ของน้ำนมถั่วเหลืองเมื่อเติมสาร $CaCO_3$ 0.1%(w/w) ในขณะตีปั่นถั่วเหลือง

สารเคมีที่ใช้ในการกำจัดกลิ่นถั่ว	ชนิดของสารตกตะกอน	การวิเคราะห์	
		ปริมาณของแข็งในน้ำนม(^{0}Brix)*	pH*
$CaCO_3$ 0.1% ในขณะตีปั่นถั่วเหลือง	GDL 1.0%	11.6^{ns}	6.41^{a}
ไม่เติมสารเคมี	GDL 1.0%	11.6^{ns}	6.31^{b}

* ได้จากค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ

^{ab}ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์การแยกชั้นของน้ำของเจลเต้าหู้หลอดเมื่อเติมสาร $CaCO_3$ 0.1% (w/w) ในขณะตีปั่นถั่วเหลือง

สารเคมีที่ใช้ในการกำจัดกลิ่นถั่ว	ชนิดของสารตกตะกอน	เปอร์เซ็นต์การแยกชั้นของน้ำ*
$CaCO_3$ 0.1% (w/w)ในขณะตีปั่นถั่วเหลือง	GDL 1.0%	3.41^{a}
ไม่เติมสารเคมี(control)	GDL 1.0%	1.65^{b}

*** ได้จากค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ**

^{ab}ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

1. จากการศึกษาผลของสารละลาย $NaHCO_3$ 0.5%(w/v) ในน้ำแช่ถั่วต่อการเกิดเจลของเต้าหู้แข็ง พบว่าเมื่อใช้สารตกตะกอน $MgSO_4$ 2.2%(w/w) หรือ $CaSO_4$ 2.2%(w/w) ไม่สามารถเกิดการฟอร์มเจลได้ เนื่องจากสภาพที่เป็นด่างเพิ่มขึ้นของน้ำนม และเมื่อใช้สารตกตะกอน $CaCl_2$ 3.0%(w/w) สามารถเกิดการฟอร์มเจลได้ จากนั้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารตกตะกอน $MgSO_4$ และ $CaSO_4$ เป็น 3 % เพื่อเพิ่มประจุบวก พบว่าสามารถเกิดการฟอร์มเจลแต่เต้าหู้แข็งที่ได้มีรสชาติขมเฝื่อน

2. จากการศึกษาผลของสารละลาย$NaHCO_3$ 0.5%(w/v)ในน้ำแช่ถั่วต่อการเกิดเจลของเต้าหู้หลอด พบว่าเมื่อใช้สารตกตะกอน GDL 1.0%(w/w) จะได้เจลเต้าหู้หลอดที่อ่อน(weak gel) เนื่องจากประจุบวกที่ได้จากสารตกตะกอนไม่เพียงพอกับประจุลบที่เพิ่มขึ้น เป็นผลให้การฟอร์มเจลเกิดได้ไม่ดี แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารตกตะกอน GDL เป็น 2.0%(w/w) พบว่าเจลที่ได้มีความแข็งขึ้นแต่มีรสชาติขมเฝื่อน

3. จากการศึกษาผลของ $CaCO_3$ 0.1%(w/w) ในขณะตีปั่นถั่วเหลืองต่อการเกิดเจลของเต้าหู้แข็ง พบว่าเมื่อใช้สารตกตะกอน $MgSO_4$ 2.2%(w/w) หรือ $CaSO_4$ 2.2%(w/w) หรือ $CaCl_2$ 3.0%(w/w) สามารถเกิดการฟอร์มเจลได้ทั้ง 3 ชนิด

4. จากการศึกษาผลของสาร $CaCO_3$ 0.1%(w/w) ในขณะตีปั่นถั่วเหลืองต่อการเกิดเจลของเต้าหู้หลอด โดยใช้สารตกตะกอน GDL 1.0%(w/w) พบว่าสามารถเกิดการฟอร์มเจลได้

ข้อเสนอแนะ

1. การใช้สาร $CaCO_3$ 0.1%(w/w) ในขณะตีปั่นถั่วเหลือง เพื่อกำจัดกลิ่นถั่วในน้ำนมถั่วเหลือง สามารถเกิดการฟอร์มเจลของเต้าหู้แข็งและเต้าหู้หลอดได้ แต่มีเปอร์เซ็นต์การแยกชั้นของน้ำสูง ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาถึงวิธีการใช้สารแคลเซียมคาร์บอเนตและลดปริมาณการใช้ลงเพื่อเป็นการทำให้เปอร์เซ็นต์การแยกชั้นของน้ำของเจลเต้าหู้ที่ผลิตขึ้นลดลงได้

2. การใช้สารละลาย $NaHCO_3$ ในน้ำแช่ถั่วเพื่อกำจัดกลิ่นถั่ว เหมาะที่จะนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ประเภทน้ำนมถั่วเหลือง และผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นเจลแบบอ่อน เช่น เต้าฮวย เป็นต้น

3. การใช้สาร $CaCO_3$ ในขณะตีปั่นถั่ว เพื่อกำจัดกลิ่นถั่ว เหมาะที่จะนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นเจลแบบแข็ง เช่น เต้าหู้แข็ง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2525. เอกสารวิชาการชุดพืชศาสตร์(Crop Manual) ที่3 เรื่องถั่วเหลือง. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์สามเจริญพานิช.

กล้าณรงค์ ศรีรอดและจุนทนี จิตต์รำพึง. 2539. พจนานุกรม Food Additive สำหรับนักอุตสาหกรรมเกษตร. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพมหานคร : บริษัทจาร์พาเท็คเซ็นเตอร์ จำกัด.

ณรงค์ นิยมวิทย์. 2528. เต้าหู้หลอด. วารสารอาหาร. ปีที่ 15, ฉบับที่4 : 224-244.

ทศพร ยศสมบัติ. 2527. การกำจัดกลิ่นถั่วของถั่วเหลืองเพื่อทำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มหมัก. ปริญญานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

น้ำทิพย์ วงษ์ประทีป. 2540. " การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพของเจลจากโปรตีนถั่วเหลือง. "วิทยานิพนธ์ศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ปราณี อ่านเปรื่อง. 2543. เอ็นไซม์ทางอาหาร. กรุงเทพ: ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปริยาพร เขียวขำ. 2544. "การศึกษากระบวนการผลิตและคุณสมบัติของน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียม. " วิทยานิพนธ์ศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

มลธิรา รุ่งก่อนและอโณทัย ธนสัมฤทธิ์. 2542. " การลดกลิ่นถั่วในน้ำนมถั่วเหลืองโดยใช้แคลเซียมคาร์บอเนต. " ปัญหาพิเศษ ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต(อุตสาหกรรมเกษตร) ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วันชัย สมชิต. 2527. คุณสมบัติของถั่วเหลืองและอาหารจากถั่วเหลือง. ถั่วเหลืองและการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. กรุงเทพฯ, สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 1-48.

สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 2541. เอกสารการสอนชุดวิชาการผลิตภัณฑ์อาหาร Food Product. 500เล่ม. พิมพ์ครั้งที่1. นนทบุรี : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมจิต อ่อนเหม และ เพลินใจ ตั้งคณะกุล. 2538. ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง. เอกสารประกอบการฝึกอบรมเทคนิคการถนอมอาหารและการควบคุมคุณภาพให้แก่บุคลากร สถาบันราชภัฏ, สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมชาย ประภาวัติ. 2533. การเตรียมเต้าหู้หลอดผง เต้าฮวยผงและการทดสอบการยอมรับ. โภชนาการสาร. ปีที่24, ฉบับที่3 : 115-123

สมชาย ประภาวัติและคณะ. 2525. งานวิจัยสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร : การศึกษาถึงชนิดและปริมาณที่เหมาะสมของตัวตกตะกอนต่างๆในการทำเต้าหู้หลอด. กรุงเทพฯ, สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์.

Budavari, S. 1996. The Merk Index. 17 th ed. , New Jersey : Merk.

Kohyama, K. ; Sano, Y. and Doi, E. 1995. Rheological Characteristics and Gelation Mechanism of Tofu (Soybean Curd). J. Agric. Food Chem. 43: 1808-1812.

Tappel, A. L. Lipoxidase. 1963. In The Enzyme.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเต้าหู้แข็ง โดยใช้แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล

ตารางที่1 :การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปัจจัยระหว่างชนิดของสารตกตะกอนต่อปริมาณของแข็งในน้ำนมถั่วเหลือง ค่าpH ของน้ำนมถั่วเหลืองและ %syneresisของเต้าหู้แข็ง เมื่อใช้สารละลาย $NaHCO_3$ 0.5%(w/v)ในน้ำแช่ถั่ว

ANOVA

		SS	df	MS	F-ratio
TSS	Between Groups	0.011	4	0.003	0.250^{ns}
	Within Groups	0.107	10	0.011	
	Total	0.117	14		
pH	Between Groups	0.006	4	0.001	1.196^{ns}
	Within Groups	0.012	10	0.001	
	Total	0.018	14		
SYN	Between Groups	269.885	4	67.471	145.141*
	Within Groups	4.647	10	0.465	
	Total	274.533	14		

จากตารางANOVA สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติได้ว่า ปริมาณของแข็งในนมและค่าpHของน้ำนมถั่วเหลืองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่%syneresisมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงให้เห็นว่า ชนิดของสารตกตะกอนไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณของแข็งในน้ำนมและค่าpHของน้ำนมถั่วเหลือง แต่มีอิทธิพลต่อ %syneresisของเต้าหู้แข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2 :การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปัจจัยระหว่างการใช้สารละลาย $NaHCO_3$ 0.5%(w/v) ในน้ำแช่ถั่วและชนิดของสารตกตะกอนต่อปริมาณของแข็งในน้ำนมถั่วเหลือง

ANOVA

SOV	df	SS	MS	F-ratio
Treatment	5	0.044	0.008	0.517^{ns}
$NaHCO_3$	1	0.000	0.000	0.000^{ns}
Coag	2	0.031	0.016	1.000^{ns}
$NaHCO_3$ * Coag	2	0.013	0.006	0.429^{ns}
Error	12	0.187	0.016	
Total	18	2431.600		

จากตารางANOVA สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติได้ว่า ผลของสารละลาย $NaHCO_3$ 0.5%ในน้ำแช่ถั่ว ชนิดของสารตกตะกอน และinteractionของ สารละลาย$NaHCO_3$ 0.5%และชนิดของสารตกตะกอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงให้เห็นว่า สารละลาย $NaHCO_3$ 0.5%ในน้ำแช่ถั่ว ชนิดของสารตกตะกอน และinteractionของ สารละลาย$NaHCO_3$ 0.5% และชนิดของสารตกตะกอน ไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณของแข็งในน้ำนมถั่วเหลือง

ตารางที่3 :การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปัจจัยระหว่างการใช้สารละลาย $NaHCO_3$ 0.5%(w/v)ในน้ำแช่ถั่วและชนิดของสารตกตะกอน ต่อค่า pHของน้ำนมถั่วเหลือง

ANOVA

SOV	df	SS	MS	F-ratio
Treatment	5	0.444	0.089	61.490*
$NaHCO_3$	1	0.439	0.439	303.696*
Coag	2	0.003	0.002	1.204^{ns}
$NaHCO_3$ * Coag	2	0.002	0.001	0.528^{ns}
Error	12	0.017	0.001	
Total	18	759.532		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางANOVA สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติได้ว่า ผลของสารละลาย $NaHCO_3$ 0.5% ในน้ำแช่ถั่วมีความแตกต่างทางสถิติ ชนิดของสารตกตะกอนและinteractionของสารละลาย $NaHCO_3$ 0.5%และชนิดของสารตกตะกอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงให้เห็นว่าสารละลาย $NaHCO_3$ 0.5%ในน้ำแช่ถั่วมีอิทธิพลต่อค่า pHของน้ำนมถั่วเหลือง

ตารางที่4 :การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปัจจัยระหว่างการใช้สารละลาย $NaHCO_3$ 0.5%(w/v)ในน้ำแช่ถั่วและชนิดของสารตกตะกอน ต่อ %syneresisของเต้าหู้แข็ง

ANOVA

SOV	df	SS	MS	F-ratio
Treatment	5	474.782	94.956	286.574*
$NaHCO_3$	1	309.590	309.590	934.330*
Coag	2	85.445	42.723	128.935*
$NaHCO_3$ * Coag	2	79.747	39.874	120.337*
Error	12	3.976	0.331	
Total	18	830.148		

จากตารางANOVA สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติได้ว่า ผลของสารละลาย $NaHCO_3$ 0.5%ในน้ำแช่ถั่ว ชนิดของสารตกตะกอน และinteractionของ สารละลาย$NaHCO_3$ 0.5%และชนิดของสารตกตะกอน มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงให้เห็นว่า สารละลาย $NaHCO_3$ 0.5%ในน้ำแช่ถั่ว ชนิดของสารตกตะกอน และinteractionของสารละลาย$NaHCO_3$ 0.5%และชนิดของสารตกตะกอน มีอิทธิพลต่อ%syneresisของเต้าหู้แข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่5 : การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปัจจัยระหว่างชนิดของสารตกตะกอนต่อปริมาณของแข็งในน้ำนมถั่วเหลือง ค่าpHของน้ำนมถั่วเหลือง และ%syneresisของเต้าหู้แข็ง เมื่อใช้สาร $CaCO_3$ 0.1%(w/w)ในขณะตีปั่นถั่วเหลือง

ANOVA

		SS	df	MS	F-ratio
TSS	Between Groups	0.027	2	0.013	1.500^{ns}
	Within Groups	0.053	6	0.009	
	Total	0.080	8		
pH	Between Groups	0.003	2	0.001	2.249^{ns}
	Within Groups	0.003	6	0.001	
	Total	0.006	8		
SYN	Between Groups	0.067	2	0.033	39.566*
	Within Groups	0.005	6	0.001	
	Total	0.072	8		

จากตารางANOVA สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติได้ว่า ปริมาณของแข็งในนมและค่าpHของน้ำนมถั่วเหลืองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่ %syneresisมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงให้เห็นว่า ชนิดของสารตกตะกอนไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณของแข็งในน้ำนมถั่วเหลืองและค่าpHของน้ำนม ถั่วเหลือง แต่มีอิทธิพลต่อ %syneresisของเต้าหู้แข็ง

ตารางที่6 :การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปัจจัยระหว่างการใช้สาร$CaCO_3$ 0.1%(w/w)ในขณะตีปั่นถั่วเหลืองและชนิดของสารตกตะกอน ต่อ ปริมาณของแข็งในน้ำนมถั่วเหลือง

ANOVA

SOV	df	SS	MS	F-ratio
Treatment	5	0.064	0.013	1.160*
$CaCO_3$	1	0.002	0.002	0.200^{ns}
Coag	2	0.031	0.016	1.400^{ns}
$CaCO_3$ * Coag	2	0.031	0.016	1.400^{ns}
Error	12	0.133	0.011	
Total	18	2426.920		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางANOVA สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติได้ว่า ผลของสาร $CaCO_3$ 0.1%ในขณะตีปั่นถั่ว ชนิดของสารตกตะกอน และinteractionของสาร$CaCO_3$ 0.1%และชนิดของสารตกตะกอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงให้เห็นว่าสาร $CaCO_3$ 0.1% ชนิดของสารตกตะกอน และinteractionของ สารละลาย$NaHCO_3$ 0.5%และชนิดของสารตกตะกอน ไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณของแข็งใน น้ำนมถั่วเหลือง

ตารางที่7 :การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปัจจัยระหว่างการใช้สาร$CaCO_3$ 0.1%(w/w)ในขณะตีปั่นถั่วเหลืองและชนิดของสารตกตะกอน ต่อ ค่าpHของน้ำนมถั่วเหลือง

ANOVA

SOV	df	SS	MS	F-ratio
Treatment	5	0.038	0.008	8.699*
$CaCO_3$	1	0.036	0.036	40.506*
Coag	2	0.002	0.001	1.070^{ns}
$CaCO_3$ * Coag	2	0.001	0.000	0.424^{ns}
Error	12	0.011	0.001	
Total	18			

จากตารางANOVA สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติได้ว่า ผลของสาร $CaCO_3$ 0.1%ในขณะตีปั่นถั่วมีความแตกต่างทางสถิติ ชนิดของสารตกตะกอน และinteractionของสาร $CaCO_3$ 0.1%และชนิดของสารตกตะกอนไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงให้เห็นว่าสาร $CaCO_3$ 0.1% มีอิทธิพลต่อค่าpHของน้ำนมถั่วเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่8 :การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปัจจัยระหว่างการใช้สาร$CaCO_3$ 0.1%(w/w)ในขณะตีปั่นถั่วและชนิดของสารตกตะกอน ต่อ %syneresisของเต้าหู้แข็ง

ANOVA

SOV	df	SS	MS	F-ratio
Treatment	5	2.321	0.464	242.189*
$CaCO_3$	1	2.205	2.205	1150.435*
Coag	2	0.115	0.057	29.916*
$CaCO_3$ * Coag	2	0.001	0.001	0.339^{ns}
Error	12	0.023	0.002	
Total	18	9.288		

จากตารางANOVA สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติได้ว่า ผลของสาร $CaCO_3$ 0.1%ในขณะตีปั่นถั่วและชนิดของสารตกตะกอน มีความแตกต่างทางสถิติ interactionของ สาร $CaCO_3$ 0.1% และชนิดของสารตกตะกอนไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงให้เห็นว่าสาร $CaCO_3$ 0.1% และชนิดของสารตกตะกอนมีอิทธิพลต่อ %syneresisของเต้าหู้แข็ง

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเต้าหู้หลอด โดยใช้แผนการทดลองแบบ CRD

ตารางที่9 : การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการใช้สารละลาย$NaHCO_3$ 0.5%(w/v) ในน้ำแช่ถั่ว ต่อค่า pHของน้ำนมถั่วเหลือง

ANOVA

SOV	df	SS	MS	F-ratio
Treatment	1	0.099	0.099	592.900*
$NaHCO_3$	1	0.099	0.099	592.900*
Error	4	0.001	0.002	
Total	6	249.070		

จากตารางANOVA สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติได้ว่า ผลของสารละลาย $NaHCO_3$ 0.5%มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%แสดงให้เห็นว่าสารละลาย $NaHCO_3$ 0.5%มีอิทธิพลต่อค่า pHของน้ำนมถั่วเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่10 : การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการใช้สารละลาย$NaHCO_3$ 0.5%(w/v) ในน้ำแช่ถั่ว ต่อ %syneresisของเต้าหู้หลอด

ANOVA

SOV	df	SS	MS	F-ratio
Treatment	1	67.067	67.067	910.415*
$NaHCO_3$	1	67.067	67.067	910.415*
Error	4	0.295	0.074	
Total	6	217.162		

จากตารางANOVA สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติได้ว่า ผลของสารละลาย $NaHCO_3$ 0.5%มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%แสดงให้เห็นว่าสารละลาย $NaHCO_3$ 0.5%มีอิทธิพลต่อ%syneresisของเต้าหู้หลอด

ตารางที่11 : การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของความเข้มข้นของสารตกตะกอนต่อค่า pHของน้ำนมถั่วเหลือง เมื่อใช้สารละลาย $NaHCO_3$ 0.5%(w/v) ในน้ำแช่ถั่ว

ANOVA

SOV	df	SS	MS	F-ratio
Treatment	1	0.000	0.000	0.100^{ns}
Coag	1	0.000	0.000	0.100^{ns}
Error	4	0.001	0.001	
Total	6			

จากตารางANOVA สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติได้ว่า ความเข้มข้นของสารตกตะกอนไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%แสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นของสารตกตะกอนไม่มีอิทธิพลต่อค่า pHของน้ำนมถั่วเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่12 : การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของความเข้มข้นของสารตกตะกอนต่อ %syneresisของเต้าหู้หลอด เมื่อใช้สารละลาย $NaHCO_3$ 0.5%(w/v) ในน้ำแช่ถั่ว

ANOVA

SOV	df	SS	MS	F-ratio
Treatment	1	38.068	38.068	650.332*
Coag	1	38.068	38.068	650.332*
Error	4	0.237	0.059	
Total	6			

จากตารางANOVA สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติได้ว่าความเข้มข้นของสารตกตะกอน มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของสารตกตะกอนมีอิทธิพลต่อ %syneresisของเต้าหู้หลอด

ตารางที่13 : การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการใช้ $CaCO_3$ 0.1%(w/w)ในขณะตีปั่นถั่วต่อ ค่าpHของน้ำนมถั่วเหลือง

ANOVA

SOV	df	SS	MS	F-ratio
Treatment	1	0.015	0.015	64.286*
$CaCO_3$	1	0.015	0.015	64.286*
Error	4	0.001	0.000	
Total	6	242.968		

จากตาราง ANOVA สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติได้ว่า ผลของสาร$CaCO_3$ 0.1% มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงให้เห็นว่า สาร$CaCO_3$ 0.1% มีอิทธิพลต่อค่าpHของน้ำนมถั่วเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่14 : การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการใช้สาร $CaCO_3$ 0.1%(w/w)ในขณะตีปั่นถั่วต่อ %syneresisของเต้าหู้หลอด

ANOVA

SOV	df	SS	MS	F-ratio
Treatment	1	4.629	4.629	185.400*
$CaCO_3$	1	4.629	4.629	185.400*
Error	4	0.099	0.025	
Total	6			

จากตารางANOVA สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติได้ว่าผลของสาร $CaCO_3$ 0.1%มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงให้เห็นว่า สาร$CaCO_3$ 0.1%มีอิทธิพลต่อ%syneresis ของ เต้าหู้หลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

Syneresis คือ การแยกชั้นของน้ำ การแยกชั้นของน้ำจะเกิดขึ้นเมื่อเก็บเจลเต้าหู้หลอดไว้สักระยะหนึ่ง หรือนำเจลเต้าหู้หลอดออกจากภาชนะบรรจุแล้วตั้งทิ้งไว้สักครู่จะเห็นน้ำแยกออกมาจากเจลเต้าหู้หลอดได้อย่างชัดเจน

วิธีการหาปริมาณ Syneresis ทำได้โดยนำเจลเต้าหู้หลอดตัวอย่างมาตัด วางบนกระดาษกรองที่อยู่ในภาชนะปิดสนิท (ทราบน้ำหนักกระดาษกรองและภาชนะ) แล้วชั่งน้ำหนัก ทำการจดบันทึก และตั้งทิ้งไว้ 15 นาที หลังจากนั้นนำเจลเต้าหู้หลอดตัวอย่างมาชั่งน้ำหนัก จดบันทึก

การคำนวณหา % การแยกชั้นของน้ำ = (A-B-C) / D x 100

A = น้ำหนักกระดาษกรอง + ภาชนะปิดสนิท + เจลเต้าหู้หลอดตัวอย่าง

B = น้ำหนักกระดาษกรอง + ภาชนะปิดสนิท

C = น้ำหนักเจลเต้าหู้หลอดตัวอย่างตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 15 นาที

D = น้ำหนักเจลเต้าหู้หลอดเริ่มต้น

หมายเหตุ : วิธีการหาปริมาณ Syneresis ของเจลเต้าหู้แข็งก็ทำเช่นเดียวกับที่กล่าวไว้ข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้