18407

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาผลของความร้อนต่อความเสถียรของน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียม

(Studies on Effect of Heat on the stability of Calcium Fortified Soy Milk)

T096567

จัดทำโดย

นางสาวกนกพรรณ ไชยทา รหัส 41044380

นางสาวปานชุติ ภู่ภูริธรรม รหัส 41044413

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. ยุพร พืชกมุทร

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ป/พ. **พ.ศ. 2545**

ก124ก

2545

แขวนหมู่.....

เลขทะเบียน.....96567

วัน เดือน ปี.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาผลของความร้อนต่อความเสถียรของน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียม

(Studies on Effect of Heat on the stability of Calcium Fortified Soy Milk)

โดย

นางสาวกนกพรรณ ไชยทา รหัส 41044380

นางสาวปานชุติ ภู่ภูริธรรม รหัส 41044413

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

---/---/--- **อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ**

( )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ การศึกษาผลของความร้อนต่อความเสถียรของน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียม

(Studies on Effect of Heat on the stability of Calcium Fortified Soy Milk)

นักศึกษา 1. น.ส. กนกพรรณ ไชยทา รหัส 41044380

2. น.ส. ปานชุติ ภู่ภูริธรรม รหัส 41044413

สาขาวิชา อุตสาหกรรมเกษตร

ภาควิชา อุตสาหกรรมเกษตร

พ.ศ. 2545

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ดร. ยุพร พืชกมุทร

อาจารย์คณะกรรมการ ผศ.ดร. กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์

อ. ปริยาพร เขียวขำ

บทคัดย่อ

น้ำนมถั่วเหลืองมีโปรตีนสูงและราคาถูก แต่มีปริมาณแคลเซียมต่ำเมื่อเทียบกับน้ำนมวัว จากงานวิจัยของ ปริยาพร เขียวขำ (2544) ที่ได้เสริมแคลเซียมโดยใช้แคลเซียมแลคเตทร่วมกับสารซีเควสเตรนท์โซเดียมเฮกซาเมตาฟอสเฟต และให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรส์จนเป็นที่ยอมรับของผู้ชิม คณะวิจัยจึงศึกษาผลของการเพิ่มอุณหภูมิต่อคุณสมบัติและความเสถียรของน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียมก่อนและหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วันเพื่อเป็นแนวทางในการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียมสเตอริไลซ์ต่อไป พบว่า เมื่อให้ความร้อนมากขึ้น ค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองจะเพิ่มสูงขึ้น จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า การให้ความร้อนสูงสุดที่ให้ค่าความหนืดใกล้เคียงกับนมถั่วเหลืองควบคุม (75°C , 15 วินาที) มากที่สุด คือ ให้ความร้อนที่ระดับ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที

กนกพรรณ ไชยทา

ปานชุติ ภู่ภูริธรรม

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา วัน เดือน ปี

ลายมือชื่อนักศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลงได้ เนื่องจากได้รับความกรุณาจากอาจารย์ ยุพร พืชกมุทร ที่ได้ให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ รวมทั้งกรุณาให้ความรู้ ข้อคิดเห็น และคำแนะนำอันมีค่าและเป็นประโยชน์แก่ข้าพเจ้าตลอดมาในการทำวิจัย ตลอดจนช่วยตรวจทาน และแก้ไขปัญหาพิเศษฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์ และ อาจารย์ ปริยาพร เขียวขำ ที่ได้ให้เกียรติเป็นอาจารย์คณะกรรมการ อีกทั้งให้คำแนะนำเพิ่มเติมแก่ข้าพเจ้า ทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คุณมัลลิกา กลิ่นจันทน์ ที่ช่วยเอื้อเฟื้อข้อมูล ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร ที่อำนวยความสะดวกในการดำเนินงานครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ และคุณแม่ ที่ให้การสนับสนุนเป็นอย่างดีในทุกๆ ด้าน ขอขอบคุณเพื่อนๆ อุตสาหกรรมเกษตรรุ่น18 ทุกคน สำหรับความช่วยเหลือและกำลังใจที่มีให้ตลอดมา และขอไว้อาลัยแด่ นางสาว สุมาลี ดวงใจบุญ เพื่อนรักผู้จากไปตลอดกาล

ประโยชน์จากปัญหาพิเศษฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่อาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน หากมีข้อผิดพลาดประการใด ทางคณะวิจัยกราบขออภัยไว้ ณ ที่นี้

คณะวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ.....I

สารบัญ.....III

สารบัญตาราง.....V

สารบัญภาพ.....VI

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 ขอบเขตของการศึกษา.....1

1.3 วัตถุประสงค์.....1

บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....2

2.1 ถั่วเหลือง.....2

2.2 การใช้สารเคมีในการกำจัดกลิ่นถั่ว.....4

2.3 สารซีเควสเตรนท์.....6

2.4 สารประกอบฟอสเฟต.....8

2.5 โฮโมจีไนเซชัน.....9

2.6 การสเตอริไลซ์.....12

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ.....14

3.1 วัตถุดิบ.....14

3.2 อุปกรณ์ในการเตรียมน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียม.....14

3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์.....15

3.4 สถานที่ทำการทดลอง.....15

3.5 วิธีการทดลอง.....15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....20

4.1 การศึกษาอุณหภูมิระดับสเตอริไลซ์ที่มีผลต่อคุณสมบัติของน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียม.....20

4.2 การศึกษาระดับอุณหภูมิต่างๆที่มีผลต่อความเสถียรของน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียม.....21

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....25

ข้อเสนอแนะ.....26

บรรณานุกรม.....27

ภาคผนวก.....28

ก. การวิเคราะห์คุณภาพโดยการวัดความหนืด.....28

ข. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อศึกษาค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียม เมื่อให้ความร้อนในระดับอุณหภูมิต่างๆ และเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 1 สัปดาห์.....30

ค. ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน.....32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงปริมาณองค์ประกอบของถั่วเหลือง....2

2.2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดถั่วเหลืองโม่ผ่าซีกพันธุ์เชียงใหม่ 60....2

2.3 แสดงปริมาณองค์ประกอบของน้ำนมถั่วเหลืองชนิดต่างๆ....3

2.4 แสดงความต้องการแคลเซียมของบุคคลแต่ละวัย....5

2.5 ชนิดของสารซีเควสเตรนท์ที่ใช้ในอาหาร....7

2.6 ผลของความดันของการโฮโมจีไนเซชันต่อการแตกของเม็ดไขมัน....11

2.7 เคิร์ดเทนชันของนมที่ผ่านการโฮโมจีไนเซชัน....11

2.8 ตัวอย่างระดับการให้ความร้อนต่อน้ำนมถั่วเหลือง....13

2.9 ระดับการให้ความร้อนต่อน้ำนมถั่วเหลืองภายในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ....13

4.1 แสดงอุณหภูมิของน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียมขณะให้ความร้อนด้วยเครื่อง Retort....20

4.2 แสดงช่วงเวลาก่อนถึงระดับอุณหภูมิที่กำหนด....21

4.3 แสดงค่าความหนืดที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ ณ วันที่ 0....22

4.4 แสดงค่าความหนืดที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ ณ วันที่ 7....22

4.5 แสดงค่าความหนืดเฉลี่ยของน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียมระหว่างการเก็บรักษา....24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 วาล์วของโฮโมจีไนเซอร์แบบ 2 ขั้นระบบไฮโดรลิก.....10

3.1 แผนภาพแสดงการเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง.....17

3.2 แผนภาพแสดงการเตรียมน้ำนมถั่วเหลืองสเตอริไลซ์.....18

3.3 แผนภาพแสดงการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ.....19

4.1 แสดงความหนืดที่เปลี่ยนแปลงไประหว่างการเก็บรักษา.....23

4.2 ลักษณะปรากฏของน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียมที่อุณหภูมิต่างๆเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา7วัน...24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เมื่อให้ความร้อนแก่โมเลกุลของโปรตีนถั่วเหลือง จะทำให้โมเลกุลของโปรตีนเกิดการเสียสภาพคลายตัว และมีประจุสุทธิเป็นลบ เมื่อเติมแคลเซียมอิออนลงไป ประจุบวกจากแคลเซียมจะรวมกับประจุลบ ทำให้โมเลกุลของโปรตีนมีความเป็นกลาง และเกิดการสร้างพันธะไฮโดรโฟบิค ทำให้เกิดมีการรวมตัวอย่างไม่เป็นระเบียบ เป็นผลทำให้ค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น นอกจากนี้แคลเซียมอิออนทำให้พีเอชของน้ำนมถั่วเหลืองลดลงเข้าใกล้กับจุดไอโซอิเล็กตริกของโปรตีนถั่วเหลือง ทำให้โมเลกุลของโปรตีนเกิดการรวมตัวกัน ความสามารถในการละลายลดลง เกิดเป็น small aggregate ทำให้ความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตามถ้าเติมแคลเซียมอิออนในปริมาณมาก จะเป็นผลให้ small aggregate เหล่านี้รวมตัวกันกลายเป็น aggregate ที่มีขนาดใหญ่ ทำให้น้ำนมถั่วเหลืองเกิดการแยกชั้นตกตะกอน และจากการศึกษาเบื้องต้นของ ปริยาพร เขียวขำ (2544) โดยทดลองเติมสารซีเครสเตรนท์ เพื่อลดความว่องไวของแคลเซียมอิออน พบว่าน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียมพาสเจอร์ไรซ์ที่ผลิตได้สามารถนำไปอุ่น (recook) ที่ 95°C เป็นเวลา 13 นาที โดยไม่เกิดการแยกชั้นและมีอายุการเก็บรักษานานที่สุด 7 วัน อย่างไรก็ตามถ้าต้องการเก็บรักษาน้ำนมถั่วเหลืองอุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลานาน จำเป็นต้องใช้อุณหภูมิในระดับสเตอริไลซ์ ดังนั้นทางคณะวิจัยจึงทำการศึกษาผลของอุณหภูมิ โดยเฉพาะอุณหภูมิในระดับสเตอริไลซ์ต่อคุณลักษณะของน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียมรวมถึงอายุการเก็บรักษาด้วย

1.2 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงระดับอุณหภูมิที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียม และการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียมหลังการเก็บรักษา

1.3 วัตถุประสงค์

1.3.1 เพื่อศึกษาระดับอุณหภูมิที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียม

1.3.2 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียมหลังการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ถั่วเหลือง

องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเหลือง

Kenneth J. (1991) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของถั่วเหลืองดังนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณองค์ประกอบของถั่วเหลือง

Component	Percentage (%)
Protein (N×6.25)	37.2
Lipid	18.6
Carbohydrate	28.0
Ash	4.6
Hull (Fiber)	4.6
Moisture	7.0
Total	100.0

ที่มา : Kenneth J. Valentas (1991)

ตารางที่ 2.2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดถั่วเหลืองโม่ผ่าซีกพันธุ์เชียงใหม่ 60

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (%)
ความชื้น	11.30 ± 0.47
โปรตีน	38.25 ± 0.54
ไขมัน	20.88 ± 0.47

ที่มา : ปริยาพร เขียวขำ (2544)

น้ำนมถั่วเหลือง

น้ำนมถั่วเหลือง หรือน้ำเต้าหู้ เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีการบริโภคกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ ราคาถูก และยังมีวิธีการเตรียมที่ไม่ยุ่งยากอีกด้วย ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้ให้ความหมายของน้ำนมถั่วเหลืองไว้ว่า น้ำนมถั่วเหลือง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวสกัดได้จากเมล็ดถั่วเหลือง ซึ่งมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Glycine max Merr.* หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แป้งถั่วเหลืองด้วยน้ำ อาจผสมนม และหรือสารที่ให้คุณค่าทางอาหาร หรือสารปรุงแต่งสี กลิ่นและรส หรือไม่ก็ได้ แล้วนำมาผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนเพื่อให้ปลอดภัยต่อการบริโภค

ประเภทของน้ำนมถั่วเหลือง

น้ำนมถั่วเหลืองที่มีการผลิตออกวางจำหน่าย แบ่งออกเป็น 6 ชนิด ได้แก่

1. น้ำนมถั่วเหลืองไม่ปรุงรส ประกอบด้วยถั่วเหลืองและน้ำเท่านั้น มีปริมาณโปรตีน 4 % ในขั้นตอนการผลิตจะต้องใช้อัตราส่วนถั่วเหลืองและน้ำเท่ากับ 1 ต่อ 5

2. น้ำนมถั่วเหลืองประเภทเครื่องดื่ม ได้แก่ น้ำนมถั่วเหลืองที่มีการปรุงรสโดยเติมน้ำตาล น้ำมันพืช เกลือ และปรุงแต่งกลิ่น เช่น กลิ่นกาแฟ น้ำผลไม้ หรือน้ำผักอื่นๆ เป็นต้น จะมีปริมาณโปรตีน 1 % อัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำที่ใช้ เท่ากับ 1 ต่อ 20

3. น้ำนมถั่วเหลืองคล้ายโคนม คือ น้ำนมถั่วเหลืองที่มีการเติมสารที่ให้ความหวาน เช่น น้ำตาล เติมน้ำมันพืช เกลือ และกลิ่นนมหรือวะนิลา เพื่อให้มีรสชาติคล้ายคลึงกับนมโค มีปริมาณโปรตีน 2.5-3.5 % ใช้อัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำเท่ากับ 1 ต่อ 7

4. น้ำนมถั่วเหลืองเปรี้ยว จะคล้ายคลึงกับนมเปรี้ยวที่ทำจากนมโค โดยมีการเติมจุลินทรีย์เพื่อให้เกิดการหมักเป็นกรดแลคติค

5. น้ำนมถั่วเหลืองสำหรับทารก คือ น้ำนมถั่วเหลืองที่มีการเติมวิตามิน และหรือเกลือแร่บางชนิด ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นวิตามินบี 12 และแคลเซียม เพื่อให้มีคุณค่าทางอาหาร ตามความต้องการของทารก

6. น้ำนมถั่วเหลืองผสม คือ น้ำนมถั่วเหลืองที่ผสมกับนมชนิดอื่นๆ ซึ่งได้จากสัตว์หรือพืช

Liu (1997) ได้จำแนกน้ำนมถั่วเหลืองตามองค์ประกอบออกเป็น 3 ชนิด (ตารางที่3) ได้แก่ น้ำนมถั่วเหลืองชนิดเข้มข้น (rich) น้ำนมถั่วเหลืองชนิดคล้ายนมโค (dairy like) และน้ำนมถั่วเหลืองชนิดที่ผลิตในทางการค้า (Economy)

ตารางที่ 2.3 แสดงปริมาณองค์ประกอบของน้ำนมถั่วเหลืองชนิดต่างๆ

Soymilk	Water : beans Ratio	Cups / Kg beans	Solids (%)	Protein (%)	Fat (%)
Rich	5 :1	15 -19	10 - 11.5	4.5 - 5.2	2.8 - 3.2
Dairy like	8 :1- 8.5 :1	28 - 31	7.4 - 8	3.3 - 3.6	2.9 - 2.3
Economy	10 :1	37 - 40	2.7 – 3.3	2.7 - 3.3	1.2 - 1.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การใช้สารเคมีในการกำจัดกลิ่นถั่ว

การใช้ความร้อนมากและนานเกินไปจะทำให้โปรตีนเกิดการแปรสภาพและสูญเสียคุณสมบัติทางหน้าที่ (functional properties) อีกทั้งทำให้เกิดกลิ่นสุก (cooked flavor) ดังนั้น จึงมีการศึกษาการใช้สารเคมีเพื่อลดกลิ่นของน้ำนมถั่วเหลือง

Ediriweera (1996) ศึกษาถึงการลดกลิ่นถั่วในน้ำนมถั่วเหลือง โดยเติมแคลเซียมคาร์บอเนต 0.02 % ของน้ำหนักถั่วเมล็ดแห้งในขั้นตอนของการบดถั่วกับน้ำ และนำไปให้ความร้อนที่ 98-100 °C เป็นเวลา 1.5 นาที จะได้น้ำนมถั่วเหลืองที่ปราศจากกลิ่นถั่ว การเติมแคลเซียมคาร์บอเนตนี้สามารถลดการเกิดสารเฮกซาแนลได้ และจากการศึกษาด้วย SDS-PAGE พบว่าถ้าเติมแคลเซียมคาร์บอเนตแต่ไม่ผ่านการให้ความร้อนจะมีเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส (lipoxygenase) ลดลง หากเติมแคลเซียมคาร์บอเนตและผ่านการให้ความร้อนด้วยนั้นจะไม่พบเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสเลย ซึ่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสนี้จะทำให้เกิดกลิ่นถั่ว สันนิษฐานว่าแคลเซียมคาร์บอเนตสามารถยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส โดยอนุภาคของแคลเซียมจะมีผลต่อสับสเตรทของเอนไซม์

2.2.1 แคลเซียม

แคลเซียมเป็นแร่ธาตุที่พบมากในร่างกายเป็นอันดับห้า คือมีถึง 2 เปอร์เซนต์ของน้ำหนักตัว ซึ่งประมาณ 99 เปอร์เซ็นต์ของแคลเซียมที่พบในกระดูกและฟัน โดยจับกันเป็นผลึกอยู่กับฟอสฟอรัส ส่วนที่เหลืออีก 1 เปอร์เซ็นต์ที่จะพบในเนื้อเยื่อและของเหลวของร่างกาย

ก. ความสำคัญของแคลเซียม

กระดูกเป็นโครงสร้างของร่างกาย ทำให้ร่างกายทรงตัวอยู่ได้ และเป็นที่ยึดเกาะของกล้ามเนื้อ ซึ่งแร่ธาตุที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของกระดูกคือ แคลเซียม ทั้งนี้แคลเซียมไม่ได้มีบทบาทต่อกระดูกและฟันเท่านั้น แต่ยังมีความสำคัญต่อระบบต่าง ๆ ของร่างกายอีกด้วย หน้าที่ของแคลเซียมต่อร่างกายสรุปได้ดังนี้

1. สร้างกระดูก ฟัน เล็บ และเส้นผม รวมทั้งซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ
2. ทำให้ทำระบบประสาทที่ควบคุมการยืดและหดตัวของกล้ามเนื้อทำงานเป็นปกติ
3. ควบคุมให้กลไกการแข็งตัวของเลือดเป็นไปตามปกติ
4. ช่วยระบบประสาทในการส่งสัญญาณให้เร็วขึ้น
5. กระตุ้นการหลั่งของฮอร์โมนบางอย่างในเซลล์ที่ทำหน้าที่หลั่งฮอร์โมน เช่น ไธรอยด์ซี (thyroid C) ของต่อมไธรอยด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เป็นตัวเร่งการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด ได้แก่ เอนไซม์เรนนิน เอนไซม์ไลเปสจากตับอ่อน เอนไซม์อะดีโนซีนไตรฟอนฟาเตส และเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีนต่าง ๆ
7. ช่วยในการดูดซึมวิตามินบี 12
8. ป้องกันอาการผิดปกติในวัยหมดประจำเดือน

ข. ความต้องการแคลเซียมของร่างกาย

เนื่องจากแคลเซียมเป็นแร่ธาตุที่มีความสำคัญและร่างกายไม่สามารถสร้างขึ้นได้ จึงต้องได้รับจากอาหาร แคลเซียมส่วนใหญ่ที่ร่างกายดูดซึมจากทางเดินอาหารจะถูกนำไปใช้ในการสร้างเสริมกระดูก การสร้างกระดูกด้วยแคลเซียมจะเริ่มตั้งแต่เป็นทารกในครรภ์จนถึงอายุประมาณ 30-35 ปี หลังจากนั้นแล้วการเสื่อมสลายจะมีมากกว่าการเสริมสร้าง

ปริมาณแคลเซียมที่ร่างกายต้องการจะมากน้อยแตกต่างกันไปตามวัยและสภาพของร่างกาย วัยรุ่นเป็นวัยที่มีการเจริญเติบโตของกระดูก ทั้งด้านความยาวและความหนาแน่นมากที่สุดจึงต้องการแคลเซียมมากกว่าวัยอื่น สำหรับหญิงมีครรภ์ต้องการแคลเซียมเพื่อสร้างโครงกระดูกของทารกในครรภ์ ส่วนหญิงให้นมบุตรต้องการแคลเซียมเพื่อสร้างน้ำนม นอกจากนี้ในหญิงวัยหมดประจำเดือนร่างกายจะหยุดสร้างฮอร์โมนเอสโตรเจนมีผลให้ร่างกายดึงแคลเซียมจากกระดูกเข้าสู่กระแสเลือด ทำให้มีการสลายของกระดูกมากกว่าการสร้าง ดังนั้นหญิงวัยหมดประจำเดือนต้องการแคลเซียมมากเพื่อลดการสูญเสียแคลเซียมจากกระดูก ค่าโดยประมาณของความต้องการแคลเซียมในปัจจุบันนี้แสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงความต้องการแคลเซียมของบุคคลแต่ละวัย

อายุ	ปริมาณที่ต้องการแต่ละวัน (มิลลิกรัม)
1-10 ปี	800
11-19 ปี	1200
20 ปีขึ้นไป	800
หญิงมีครรภ์หรือให้นมบุตร	1200
หญิงวัยหมดระดู	1000 – 1500

ที่มา : สมศรี เจริญเกียรติกุล และประภาศรี ภูวเสถียร (2540)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่จากการศึกษาพบว่าปริมาณแคลเซียมที่ควรได้รับตามข้อกำหนดการบริโภคอาหารของประเทศไทย (Recommended dietary allowance , RDA) นั้น ควรได้รับแคลเซียมวันละ 800 มิลลิกรัม ซึ่งปริมาณแคลเซียมที่คนไทยบริโภคนี้น้อยกว่าปริมาณขั้นต่ำที่มีการกำหนดไว้ กล่าวคือ คนไทยรับประทานแคลเซียมโดยเฉลี่ยเพียงวันละ 361 มิลลิกรัมเท่านั้น

ค. แคลเซียมที่ใช้เสริมในอาหาร

แคลเซียมเป็นธาตุในกลุ่ม A2 ของตารางธาตุ มีประจุบวกชนิดไดวาเลนท์ จะอยู่ในรูปของเกลือกับสารที่ไม่ใช่โลหะ เมื่อละลายน้ำมีความเป็นด่าง และเนื่องจากแคลเซียมมีความจำเป็นต่อร่างกายดังที่ได้กล่าวมาแล้ว เพื่อให้ได้รับปริมาณแคลเซียมเพียงพอต่อความต้องการจึงมีการเติมลงในอาหารชนิดต่าง ๆ ตัวอย่างของเกลือแคลเซียมที่ใช้เสริมในรสอาหาร ได้แก่ แคลเซียมแลคเตท (calcium lactate) แคลเซียมคาร์บอเนต (calcium carbonate) แคลเซียมฟอสเฟต (calcium phosphate) เป็นต้น

แคลเซียมแลคเตท

เป็นเกลือแคลเซียมของกรดแลคติค รูปที่เป็น monohydrate สามารถละลายได้ 3.4 กรัมต่อน้ำ 100 กรัมที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ส่วนในรูป trihydrate และ pentahydrate สามารถละลายได้ 9 กรัมต่อน้ำ 100 กรัม และละลายได้ดีมากในน้ำร้อย มีการใช้เพื่อปรับปรุงความคงตัวและเนื้อสัมผัสของผักและผลไม้กระป๋อง ใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติของนมผง และใช้ในอาหารเสริมแคลเซียม เช่น อาหารเด็กอ่อน นม น้ำส้ม และ เครื่องดื่มสำหรับนักกีฬาปริมาณที่สามารถใช้เสริมในอาหารได้ คือ 0.3-1.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีแคลเซียม 40 – 200 มิลลิกรัมต่อผลิตภัณฑ์ 100 กรัม เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการนำมาใช้ (availibility) ของแคลเซียมแลคเตท แคลเซียมคาร์บอเนต และแคลเซียมฟอสเฟต พบว่าแคลเซียมแลคเตทนั้นสามารถดูดซึมได้ดีกว่าแคลเซียมคาร์บอเนตและแคลเซียมฟอสเฟต

2.3 สารซีเควสเตรนท์

ความหมายของสารซีเควสเตรนท์

สารซีเควสเตรนท์ (sequestrants) หมายถึง สารที่สามารถรวมกับอิออนของโลหะที่มีหลายวาแลนท์ (polyvalent metal ion) เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ละลายน้ำได้ (soluble metal complex) ใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพความเสถียรของผลิตภัณฑ์ เช่น แคลเซียมซิเตรท (calcium citrate) แคลเซียมไดอะซิเตท(calcium diacetate) กรดซิตริก โซเดียมซิเตรท(Sodium citrate) โปแตสเซียมซิเตรท (potassium citrate) โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต(sodium tripolyphosphate) โซเดียมเฮกซาเมตาฟอสเฟต (sodium hexametaphosphate) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Smith (1993) กล่าวถึงสารซีเควสเตรนท์ว่า มีความหมายเช่นเดียวกับ sequestering agents หรือ chelating agents เป็นวัตถุเจือปนในอาหารที่มีความสำคัญ เนื่องจากโลหะอิสระที่มีอยู่ในอาหารอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่ไม่ต้องการได้ เช่น เกิดการรวมตัวเป็นสารที่ไม่ละลายเกิดเป็นสารให้สี หรือเร่งการสลายขององค์ประกอบต่างๆในอาหาร การเติมสารซีเควสเตรนท์จะช่วยกำจัดลักษณะที่ไม่ต้องการและทำให้อาหารมีความคงตัวขึ้น โดยสารซีเควสเตรนท์จะทำปฏิกิริยากับอิออนอิสระของโลหะเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ละลายน้ำได้ ซึ่งมีความเสถียรเรียกว่า คีเลต (chelate) นอกจากนี้สารซีเควสเตรนท์ทำหน้าที่ควบคุมการปลดปล่อยอิออนของโลหะที่ใช้เสริมในอาหารหรือเพื่อควบคุมการเกิดเจลของสารทำให้สารข้นหนืด(thickeners)

นิธิยา รัตนาปนนท์ (2539) ได้ให้ความหมายของคีเลตไว้ว่า หมายถึง โลหะเชิงซ้อน คือ โลหะที่รวมตัวกับสารประกอบอื่น ทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ด้วยพันธะโควาเลนต์ เกิดโครงสร้าง ที่มีลักษณะเป็นวงแหวน สี่เหลี่ยม หรือหกเหลี่ยมก็ได้ ส่วนโมเลกุลของสารประกอบอื่นที่มารวมตัวกับโลหะนั้นจะเรียกว่า ลิแกนด์ (ligand) ลิแกนด์นี้สามารถเกิดพันธะโควาเลนต์กับโลหะตั้งแต่ 2 พันธะขึ้นไป ตัวอย่างเช่น โปรตีน กรดอะมิโน เป็นต้น ชนิดของสารซีเควสเตรนท์ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารแสดงดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ชนิดของสารซีเควสเตรนท์ที่ใช้ในอาหาร

Type	Example
Amino acids	Glycine
Aminocarboxylates	EDTA
Hydroxycarboxylates	Citric acid
	Gluconic acid
	Tartaric acid
Polyphosphates	Hexametaphosphoric
	Pyrophosphoricacid

ที่มา : Smith (1993)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 สารประกอบฟอสเฟต

ชนิดของสารประกอบฟอสเฟต

สารประกอบฟอสเฟตเตรียมจากากรนำกรดฟอสฟอริคทำปฏิกิริยาให้เป็นกลาง (neutralization) กับโลหะอัลคาไลน์ เช่น โซเดียม โปแตสเซียม และ แคลเซียม เนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นซีเควสเตรนท์ จึงสามารถหยุดปฏิกิริยาของอนุมูลโลหะได้ โดยเป็นตัวจับอิออนโลหะที่มีความแข็งแรง (strong metal ion chelating)ทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับประจุบวกของโลหะชนิดโมโนวาเลนท์หรือไดวาเลนท์ขึ้น จึงไม่เกิดปฏิกิริยารบกวนอาหาร ซึ่งสารประกอบ ฟอสเฟตสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ

2.4.1 ออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphate)

สารกลุ่มนี้ประกอบด้วยฟอสฟอรัส 1 อะตอม ล้อมรอบด้วยออกซิเจน 4 อะตอมในแบบ tetrahedral สารประกอบเหล่านี้ จะมีวาเลนซี่เท่ากับสาม จึงสามารถเติมอะตอมของไฮโดรเจนหรืออิออนบวกของโลหะอัลคาไลน์ หรือเกิดการรวมตัวกันของไฮโดรเจนกับประจุบวกของโลหะอัลคาไลน์ต่อไฮโดรเจนเท่ากับ 1 ต่อ 2

2.4.2 Condense phosphate

ประกอบด้วยฟอสฟอรัส 2 อะตอมหรือมากกว่าเชื่อมต่อกับออกซิเจนฟอสเฟตที่มีโครงสร้างพื้นฐานได้แก่ไพโรฟอสเฟต (pyrophosphate) ซึ่งมีลักษณะเป็นสายโซ่ของฟอสฟอรัส 2 อะตอม ถ้าประกอบด้วยฟอสฟอรัส 3 อะตอมจะเป็นไตรโพลีฟอสเฟต (tripolyphosphate) และหากประกอบด้วยฟอสฟอรัส 4 อะตอมหรือมากกว่าต่อกันเป็นสายโซ่ยาวตรงจะเป็นโพลีฟอสเฟต (polyphosphate) นอกจากนี้พวกที่มีโครงสร้างเป็นวงแหวนที่เรียกว่าเมตาฟอสเฟต (metaphosphate) ก็จัดอยู่ในกลุ่มนี้ด้วย

สารกลุ่มโพลีฟอสเฟตนี้เป็นชนิดซึ่งสามารถจับ (sequestered) กับโลหะประจุบวกพวกอัลคาไลน์เอิร์ธ (alkaline earth) เช่น แคลเซียมได้ดีที่สุด ตัวอย่างสารในกลุ่มนี้ ได้แก่โซเดียมเฮกซาเมตาฟอสเฟต

โซเดียมเฮกซาเมตาฟอสเฟต ($(NaPO_3)_{13}$) เรียกย่อว่า SHMP หรืออาจเรียกในชื่ออื่นเช่น โซเดียมเมตาฟอสเฟต (sodium metaphosphate) โซเดียมโพลีฟอสเฟต (sodium polyphosphate) หรือแกรแฮมซอลต์ (Graham's salt) และได้มีการเรียกชื่อสารประกอบดังกล่าวแบบผิด ๆ และใช้มาจนถึงปัจจุบันว่าเมตาฟอสเฟต โดยที่ไม่ได้มีโครงสร้างเป็นวงแหวนแต่อย่างใด โซเดียมเฮกซาเมตาฟอสเฟตนี้ประกอบด้วยออร์โธฟอสเฟต 10-15 โมเลกุล สามารถละลายได้ดีในน้ำแต่ละลายอย่างช้า ๆ สารละลายมีพีเอช 7.0 ใช้เป็นสารซีเควสเตรนท์สำหรับแคลเซียมและแมกนีเซียม นอกจากนี้ยังใช้ป้องกันการเกิดเจลในนมสเตอริไลซ์ โซเดียมเฮกซาเมตาฟอสเฟตมีกำลังการแยก (sequestering power) ที่ดีที่สุด ในบรรดาสารประกอบฟอสเฟตทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 โฮโมจีไนเซชัน (Homogenization)

ในอุตสาหกรรมอาหาร มีการใช้กระบวนการโฮโมจีไนเซชันเพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โฮโมจีไนเซชันเป็นหน่วยปฏิบัติการของการลดขนาดของของแข็ง หรือของเหลวในอาหารเหลว โดยการให้อาหารเหลวนั้นผ่านช่องแคบออริฟิซ (orifice) ที่มีรูปิดเล็กมากด้วยความดันสูงและความเร็วสูงมาก เทอมของโฮโมจีไนเซชันเป็นการลดขนาด (ไปเป็น 0.5-3 μm) และเป็นการเพิ่มจำนวนของของแข็งหรือของเหลวที่เป็นเฟสที่กระจายตัว โดยการใช้แรงเฉือน (shear) เพื่อเพิ่มความคงตัวแก่อาหารเหลว ของเหลวชนิดหนึ่งที่เรียกว่า เฟสที่ไม่ต่อเนื่อง (discontinuous หรือ internal phase) หรือเฟสที่กระจายตัว (dispersed phase) ในรูปของหยดของเหลว (droplets) หรือโกลบูลเล็กๆ หรืออนุภาคของแข็งจะกระจายตัวอยู่ในของเหลวอีกชนิดหนึ่งที่เรียกว่า เฟสต่อเนื่อง (continuous หรือ external phase) เทอมของอิมัลซิฟิเคชันเป็นการผสมของเหลวสองชนิดขึ้นไปที่ไม่สามารถละลายเข้ากันได้ (immiscible liquid) ให้มาผสมกันอย่างแน่นแฟ้นเกิดเป็นอิมัลชันที่คงตัว ดังนั้นการโฮโมจีไนเซชันจึงเป็นกระบวนการที่มีความรุนแรงมากกว่า อย่างไรก็ตามทั้งสองกระบวนการนี้จะใช้ในการเปลี่ยนคุณสมบัติที่เรียกว่า ฟังก์ชันนัล (functional properties) หรือคุณภาพในด้านการบริโภคของอาหาร โดยแทบไม่มีผลต่อคุณค่าทางอาหารหรืออายุการเก็บ

2.5.1 ทฤษฎีของโฮโมจีไนเซชัน (theory of homogenization)

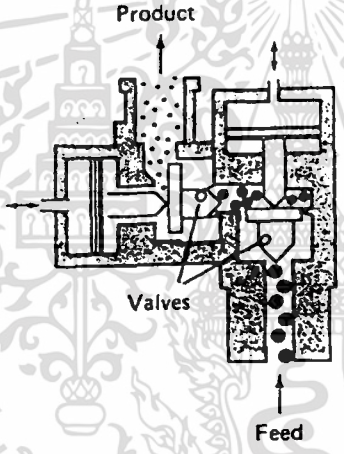
หลักการของโฮโมจีไนเซชัน คือ การให้ของไหลผ่านช่องแคบออริฟิซ ที่บางมากด้วยความดันสูงและความเร็วสูงมาก ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านช่องแคบดังกล่าวอย่างเห็นได้ชัด โดยลักษณะการแยกที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เป็นผลจากแรงเฉือนระหว่างผิวหน้าต่างๆ ของวาล์วขณะที่ผลิตภัณฑ์ไหลผ่านช่องเล็กๆ ด้วยความเร็วสูง อนุภาคของของแข็ง หรือหยดของเหลวที่อยู่ใกล้กับผนังหรือขอบ (edge) ของกระแสมากที่สุดจะมีแรงต้านทานจากแรงเสียดทานของของไหลในกระแส และกระแสที่อยู่ตรงศูนย์กลางของทางไหล หรือส่วนที่วิ่งเร็วที่สุดของกระแสจะพาอนุภาคต่างๆ ที่อยู่ตรงกลางเคลื่อนไปได้เร็วมากกว่าอนุภาคที่อยู่ใกล้กับขอบของกระแสได้ ความแตกต่างในเรื่องความเร็วนี้ทำให้อนุภาคของของแข็งมีการบดซึ่งกันและกันด้วยแรงเฉือน ทำให้มีขนาดเล็กลง ยิ่งการไหลมีความเร็วมากขึ้น และกระแสแคบขึ้น แรงเฉือนก็จะมากขึ้นด้วย

ลักษณะของโฮโมจีไนเซชันกับการไหลของแม่น้ำที่ไหลเชี่ยวมีความคล้ายกัน คือ การทำให้ของแข็งหรือหยดของเหลวแตกออกจากกันเป็นผลมาจากแรงอิมแพคท์ที่เกิดขึ้นเมื่อกระแสความเร็วสูงชนกับผิวของของแข็ง เช่น breaker ring ในเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ซึ่งมีการใช้ในวาล์วบางชนิด หรือผลของการทำให้แตกอาจเกิดขึ้น เนื่องมาจากความดันที่ลดลงอย่างรวดเร็วขณะที่ของไหลออกจากวาล์ว นอกจากนี้ แรงที่เกิดขึ้นจากการแตกออก (collapse) ของฟองต่างๆ เนื่องจากคาวิเตชัน (cavitation) อาจเป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการโฮโมจีไนเซชันด้วย ในทางปฏิบัติวาล์วส่วนใหญ่มักใช้หลักการทั้งสาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดและรูปร่างของช่องแคบออริฟิซ กำหนดจากปริมาตรที่ต้องการแปรรูปในเวลาหนึ่งๆ และกำหนดจากความหนืดของผลิตภัณฑ์ด้วย

จากการทดลอง พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุด ซึ่งได้จากวาล์วของโฮโมจีไนเซอร์เมื่อของไหลถูกบังคับให้ผ่านวาล์วภายใต้ความดันที่คงที่และสม่ำเสมอ เนื่องจากผลของแรงเฉือนของวาล์วเปลี่ยนแปลงไปตามความหนืดของของไหลที่ไหลผ่านวาล์ว เราสามารถแก้ไขได้โดยใช้ความเร็วค่าหนึ่งความดันที่ขึ้นๆลงๆ ทำให้ความเร็วแปรเปลี่ยนไป ซึ่งมีผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพที่ไม่ดีนัก



ภาพที่ 2.1 วาล์วของโฮโมจีไนเซอร์ แบบ 2 ขั้นระบบไฮโดรลิก
ที่มา : Fellows (1990)

2.5.2 ผลของการโฮโมจีไนเซชันต่อ การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (effect of homogenization on the changed quality of products)

ก. ผลต่อการทำให้ไขมันกระจายตัว (effect on fat breakup and dispersion

ตารางที่ 2.6 แสดงผลของความดันโฮโมจีไนเซชันต่อการแตกของเม็ดไขมัน โดยทำการทดลองวัดขนาดของเม็ดไขมันในนมอุดมมันเนย หลังจากผ่านเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ชนิดขั้นเดียว โดยใช้ที่ความดันต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 ผลของความดันของการโฮโมจีไนเซชันต่อการแตกของเม็ดไขมัน

ความดัน (lb)	ช่วงของขนาดเม็ดไขมัน (μm)	ขนาดของเม็ดไขมันเฉลี่ย (μm)
None	1-18	3.71
500	1-14	2.39
1000	1-7	1.68
1500	1-4	1.40
2000	1-3	1.08
2500	1-3	0.99
3500	0.5-2	0.76

ที่มา : Farrall (1963)

ข. ผลต่อค่าเคิร์ดเทนชัน (effect on curd tension)

ตารางที่ 2.7 เคิร์ดเทนชันของนมที่ผ่านการโฮโมจีไนเซชัน

Pressure	Grams Curd Tension homogenization Temperature °F		
	145	120	90
None	51	59	60
500	47	58	58
1000	27	40	48
1500	22	32	39
2000	20	25	27
2500	18	26	23
3000	17	25	23

these data are from a conventional popet-type homogenizer valve machine. Lower pressure are required when the creamery Package multiflow valve is used.

ที่มา : Hall และคณะ (1971)

ค. ผลต่อความหนืด และลักษณะเนื้อสัมผัส

ส่วนใหญ่จะมีผลในการทำผลิตภัณฑ์เนย

ง. ผลต่อสี กลิ่นรส คุณค่าทางอาหาร และอายุการเก็บ

การโฮโมจีไนเซชันมีผลต่อสีของอาหารบางชนิด เช่น ในน้ำนม ยิ่งมีจำนวนของเม็ดไขมันมากจะทำให้เกิดการสะท้อนแสง ทำให้มีสีขาวมากขึ้น กลิ่นรสอาจจะดีขึ้นในอาหารบางชนิด เนื่องจากการทำให้สารประกอบที่ระเหยง่ายเหล่านี้กระจายทั่วอาหาร ทำให้มีการสัมผัสกันตุ่มรับรสมากขึ้นขณะที่รับประทานอาหาร คุณค่าทางอาหารจะเปลี่ยนไปเมื่อองค์ประกอบบางชนิดถูกแยกออกไป แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีของอาหารเด็กทารก อาจเป็นการเพิ่มความสามารถในการย่อยของไขมันและโปรตีนเนื่องจากการลดขนาด ส่วนคุณค่าทางอาหารขึ้นอยู่กับสูตรของอาหาร ไม่ขึ้นกับการทำให้อาหารเป็นเนื้อเดียวกัน

ผลของการทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน และสารอิมัลซิไฟเออร์ ทำให้อาหารคงตัว มีลักษณะปรากฏที่สม่ำเสมอและป้องกันการแยก แต่ไม่ใช่การรักษาถนอม หน่วยปฏิบัติการที่เพิ่มขึ้นมา เช่น การทำให้เย็น การแช่แข็ง และการอบ จึงมีความจำเป็นสำหรับการยืดอายุการเก็บของอาหาร

2.6 <u>การสเตอริไลซ์</u> (Heat Sterilization)

การสเตอริไลซ์เป็นกระบวนการให้ความร้อนแก่อาหารที่อุณหภูมิสูง และเวลาที่นานเพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ และการทำงานของเอนไซม์ เป็นผลทำให้อาหารที่ผ่านการสเตอริไลซ์ มีอายุการเก็บรักษานาน การให้ความร้อนที่รุนแรงระหว่างการสเตอริไลซ์อาหารในภาชนะบรรจุก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านคุณภาพทางโภชนาการและประสาทสัมผัสของอาหาร การพัฒนาเทคโนโลยีของการแปรรูปอาหารในปัจจุบัน จึงมีเป้าหมายหลักเพื่อลดความเสียหายที่จะเกิดต่อคุณภาพทางด้านโภชนาการและประสาทสัมผัส โดยการลดเวลาในการให้ความร้อนแก่อาหารก่อนบรรจุ (วิธีปลอดเชื้อหรือที่เรียกว่า aseptic processing) หรืออาหารในภาชนะบรรจุ

2.6.1 ผลกระทบต่ออาหาร

วัตถุประสงค์ของการสเตอริไลซ์ คือ การยืดอายุของผลิตภัณฑ์ และลดการเปลี่ยนแปลงด้านโภชนาการและคุณภาพด้านการบริโภค มีการใช้ค่าความแตกต่างระหว่างค่า D และค่า Z ของจุลินทรีย์และเอนไซม์ รวมถึงองค์ประกอบด้านโภชนาการ และคุณภาพทางประสาทสัมผัส เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการ เพื่อคงคุณภาพด้านโภชนาการ และประสาทสัมผัสให้มากที่สุด

ก. สี

ไม่มีการเปลี่ยนแปลงขณะตรวจสอบในเรื่องสีของนม

ข. กลิ่นรส

กลิ่นไหม้ในนมเกิดจากการเสียสภาพของเวย์โปรตีน ทำให้เกิดไฮโดรเจรซัลไฟด์ แลคโตน และเมทิลคีโตนจากไขมัน แต่การเปลี่ยนแปลงนี้จะไม่มากนักในการสเตอริไลซ์แบบปลอดเชื้อหรือ UHT ซึ่งยังคงกลิ่นรสธรรมชาติของนมได้ดี

ค. ลักษณะเนื้อสัมผัสหรือความหนืด

การเปลี่ยนแปลงความหนืดเพียงเล็กน้อยของนม เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของเคซีน ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์นมมีความไวต่อการตกตะกอนด้วยแคลเซียม ซึ่งกระบวนการ UHT จะไม่เปลี่ยนแปลงความหนืดของนม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง. คุณค่าทางโภชนาการ

การสูญเสียแร่ธาตุและวิตามินในนมที่ผ่านกระบวนการปลอดเชื้อต่ำมากจนตรวจสอบไม่พบ และไม่มีผลต่อส่วนของไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเกลือแร่

ตารางที่ 2.8 Examples of Soymilk Heat Treatments

Method	Temperature (approx.)	Time (approx.)
Pasteurization	75 C	15 sec.
Sterilization (Retort / Autoclave)	121 C	20 min.
Ultra High Temperature (UHT)	140 C	4 sec.

ที่มา : Edmund W.Lusas *et al.*(1989)

ตารางที่ 2.9 Soymilk Heat Treatments and Package Considerations

Treatment	Temperature (approx.)	Time (approx.)	Package	Shelf life
Pasteurization	75 C	15 sec	Plastic bag	1 wk
			Gable Top	Refrig.
			Glass Bottle	
Sterilization	121 C	20 min	Can	2 years
			Glass Bottle	non-refrig.
			Retort Pouch	
Ultra High Temperature	140 C	2 sec	Aseptic	6-8 mo non-refrig.

ที่มา : Edmund W.Lusas *et al.*(1989)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ถั่วเหลือง

ใช้ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ซึ่งเป็นเมล็ดพันธุ์บริสุทธิ์ มีเปอร์เซ็นต์ความงอก 90 เปอร์เซ็นต์ ทำการคัดเฉพาะเมล็ดสมบูรณ์ และโม่ผ่าซีกเพื่อแยกเปลือกออก

3.1.2 สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิต

- Calcium carbonate (food grade)
- Calcium lactate (food grade)
- Sodium hexametaphosphate (food grade)

3.2 อุปกรณ์ในการเตรียมน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียม

- เครื่องโม่แยกเปลือกถั่วเหลือง
- เครื่องปั่นผสมอาหาร (blender)
- เครื่องชั่งชนิดหยาบ
- เครื่องชั่งชนิดละเอียด
- โฮโมจิไนเซอร์
- เครื่อง Retort และ เครื่อง Exhaust
- Thermocouple
- กระป๋อง เบอร์ 1
- แผงให้ความร้อน (Hot plate stirrer)
- แท่งแม่เหล็ก (Magnetic bar)
- เทอร์โมมิเตอร์
- นาฬิกาจับเวลา
- บิกเกอร์ทรงสูง ขนาด 600 ml.
- แท่งแก้วคน
- ผ้าขาวบาง
- กะละมัง
- กระชอน
- ตู้เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

- เครื่องมือวัดความหนืด Brookfield , DVLV-III
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (cooling bath)
- รีแฟลคโตมิเตอร์ ATAGO , N-1E
- อุปกรณ์เครื่องแก้ว

3.4 สถานที่ทำการทดลอง

- ห้องปฏิบัติการ Food Processing ภาควิชา อุตสาหกรรมเกษตร
- ห้องปฏิบัติการนม ภาควิชา อุตสาหกรรมเกษตร

3.5 วิธีการทดลอง

3.5.1 ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อคุณลักษณะของนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียม

3.5.1.1 การเตรียมน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียม

นำถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่โม่ผ่าซีก และแยกเอาเปลือกออกแล้วมาล้างทำความสะอาด แช่ในน้ำกลั่นปริมาตร 3 เท่าตัวของน้ำหนักถั่วแห้งที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง จากนั้นล้างน้ำทำความสะอาด และแยกเอาเปลือกออก ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ เติมแคลเซียมคาร์บอเนต 0.1 เปอร์เซ็นต์ (W/W) นำไปตีปั่นด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้องปริมาตรเท่าตัว ซึ่งใช้เวลาในการตีปั่น 2 นาที ทำการกรอง ด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น และล้างกากด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นปรับปริมาตรให้ได้อัตราส่วนของน้ำต่อถั่วเมล็ดแห้ง เท่ากับ 1 ต่อ 8 วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดด้วยรีแฟลคโตมิเตอร์ N-1E เทียบกับน้ำกลั่น นำน้ำนมถั่วเหลืองที่ได้ไปโอโมจีไนซ์ 2 ครั้ง ที่ความดัน 250 bar จากนั้นนำมาให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เติมโซเดียมเฮกซาเมตาฟอสเฟต 0.6 เปอร์เซ็นต์ กวนผสมด้วย magnetic stirrer เป็นเวลา 10 นาที เติมแคลเซียมเลคเตท 0.25 เปอร์เซ็นต์ โดยผสมเข้ากับน้ำตาลซูโครส 7 เปอร์เซ็นต์ กวนผสมจนกระจายตัวอย่างสมบูรณ์เป็นเวลา 15 นาที

3.5.1.2 การให้ความร้อนที่ระดับสเตอริไลซ์

นำน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียมบรรจุกระป๋อง ไล่อากาศที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ให้ความร้อนด้วยเครื่อง Retort ที่อุณหภูมิ 121องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

3.5.1.3 การให้ความร้อนที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ

นำน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียมปริมาตร 200 ml. ใส่บีกเกอร์ทรงสูง ขนาด 600 ml. ให้ความร้อนโดยใช้ Hot plate stirrer และมีระดับอุณหภูมิที่ศึกษา ดังนี้

ก. 75 องศาเซลเซียส 15 วินาที

ข. 80 องศาเซลเซียส 5 นาที

ค. 90 องศาเซลเซียส 5 นาที

ง. 100 องศาเซลเซียส 2 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

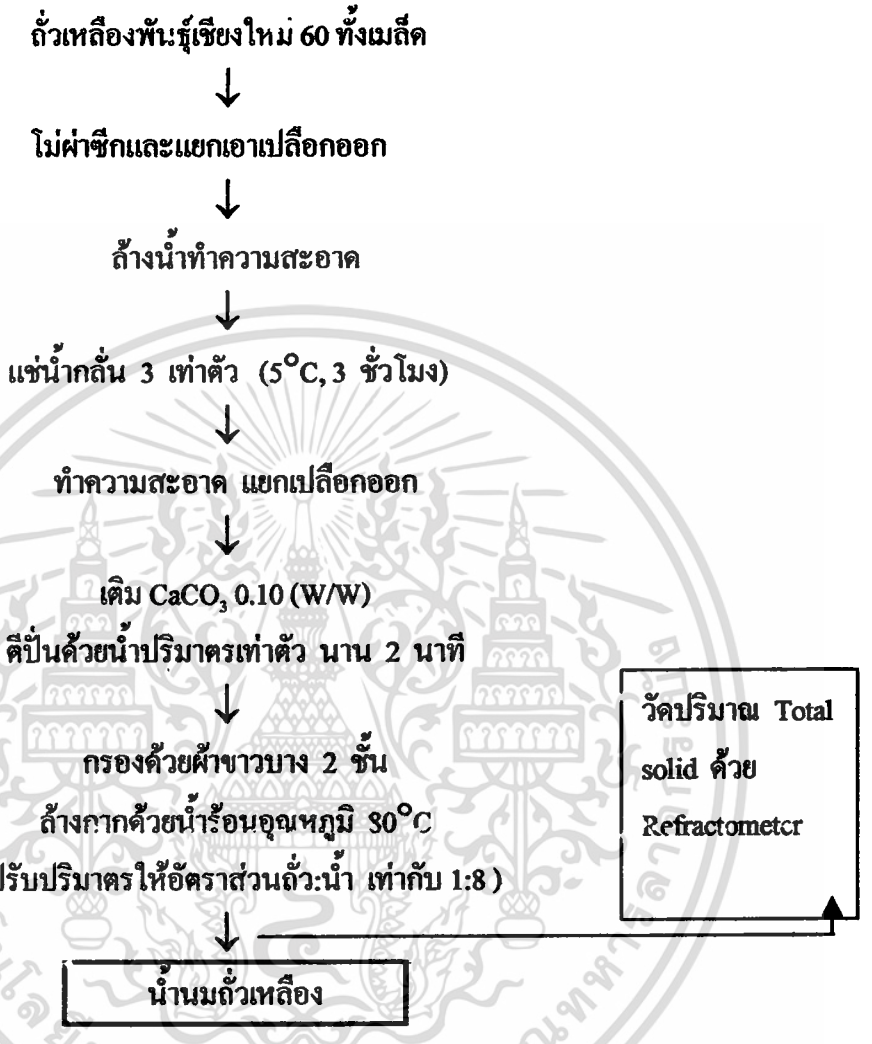
จ. 100 องศาเซลเซียส 5 นาที

ฉ. 100 องศาเซลเซียส 10 นาที

3.5.2 การวิเคราะห์คุณภาพโดยการวัดความหนืด

วัดความหนืดด้วย Brookfield Viscometer รุ่น LVDV-III (ภาคผนวก ก.) หลังจากให้ความร้อน และ หลังจากเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์

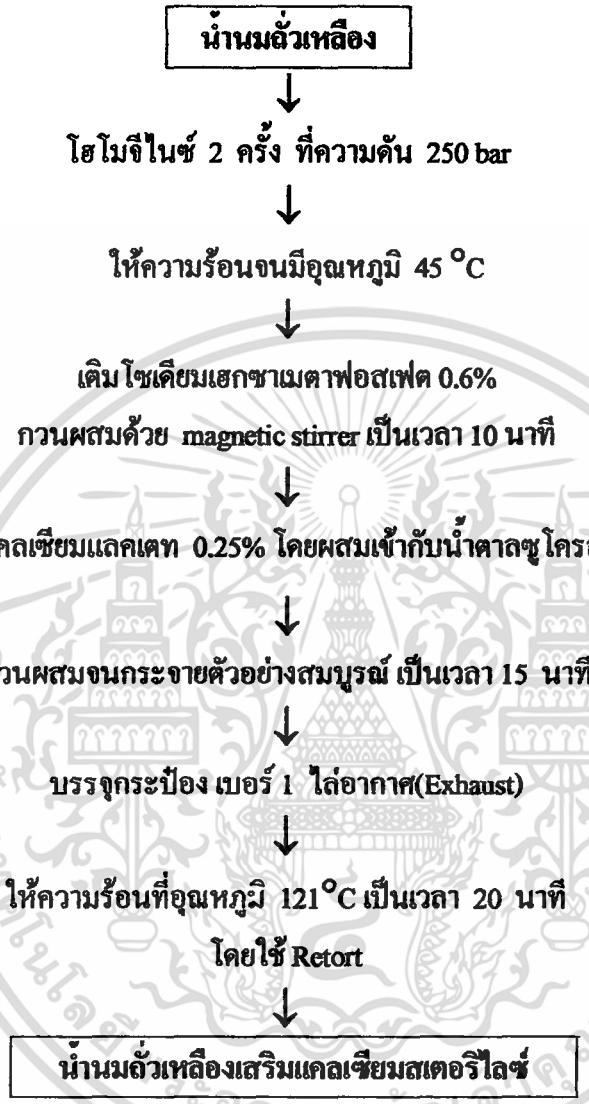
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 แผนภาพแสดงการเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง

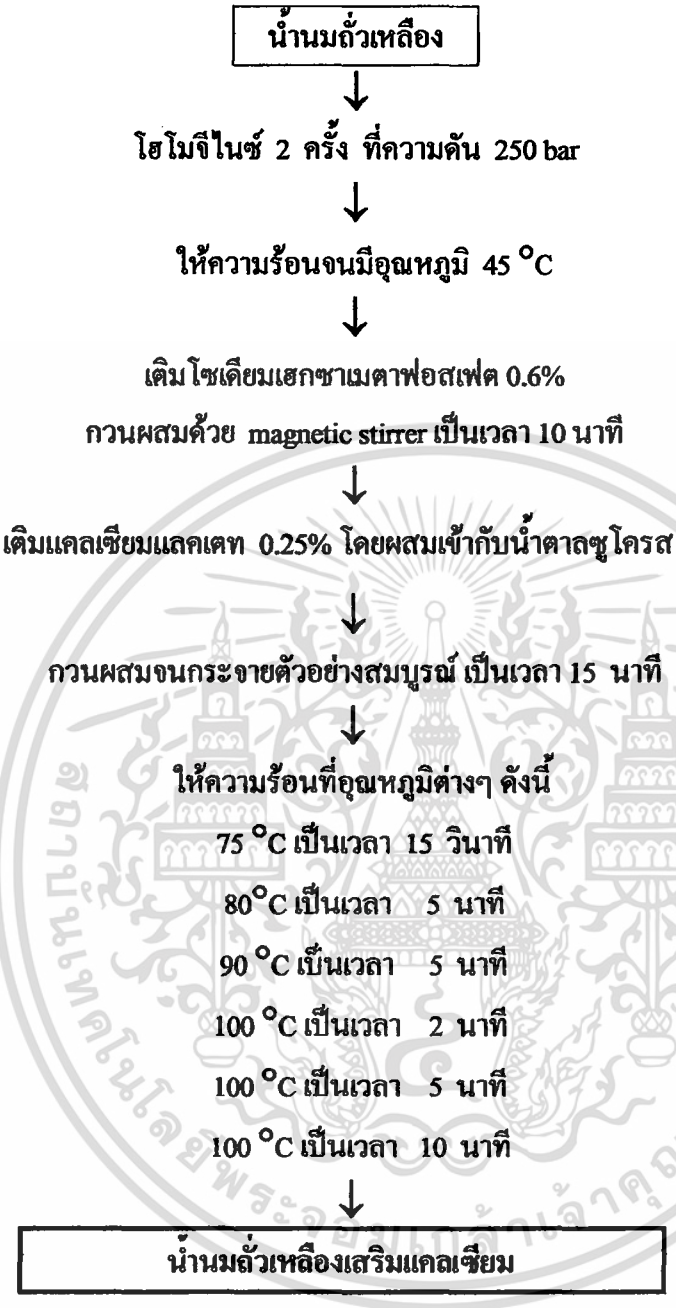
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

86567



ภาพที่ 3.2 แผนภาพแสดงการเตรียมน้ำนมถั่วเหลืองสเตอริไลซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.3 แผนภาพแสดงการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การศึกษาอุณหภูมิระดับสเตอริไลซ์ที่มีผลต่อคุณสมบัติของน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียม

การศึกษาที่ผ่านมา ได้มีการศึกษาน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียมที่อุณหภูมิพาสเจอร์ไรส์ หรือที่อุณหภูมิ 75°C เป็นเวลา 15 วินาที ซึ่งสามารถเก็บน้ำนมถั่วเหลืองไว้ได้เป็นเวลา 7 วัน ดังนั้นทางคณะวิจัยจึงได้ทำการศึกษาต่อ ในเรื่องของอุณหภูมิในระดับสเตอริไลซ์ ที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 20 นาที(Edmund W.Lusas *et al.* ,1989) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียม โดยบรรจุกระป๋องน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียมและให้ความร้อนด้วยเครื่อง Retort ทำการวัดอุณหภูมิภายในกระป๋องด้วย Thermocouple

ตารางที่ 4.1 แสดงอุณหภูมิของน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียมขณะให้ความร้อนด้วยเครื่อง Retort

เวลา (นาที)	อุณหภูมิเครื่อง (°C)	อุณหภูมิภายในกระป๋อง (°C)
2	60	54.2
4	75	62.1
6	88	72.5
8	100	85.6
10	110	95.8
12	115	96.5
14	119	96.8
16	121	97.3
18	121	97.9
20	121	98.2
22	121	98.5
24	121	99.0
26	121	99.5
28	121	99.8
30	121	100.2
32	121	100.5
34	121	100.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18407

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

เวลา (นาที)	อุณหภูมิเครื่อง (°C)	อุณหภูมิภายในกระป๋อง (°C)
36	121	100.9
38	116	101.0
40	110	101.2
42	105	101.3
44	100	101.2

จากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าเมื่อให้ความร้อนผ่านไป 16 นาที อุณหภูมิของเครื่อง Retort ได้เท่ากับ 121 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิภายในกระป๋องเท่ากับ 97.3 องศาเซลเซียส หลังจากอุณหภูมิของเครื่อง Retort เท่ากับ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที อุณหภูมิภายในกระป๋องขณะนั้น เท่ากับ 100.9 องศาเซลเซียส จากนั้นลดความดันภายใน Retort และทำการ Cooling ตามลำดับ ช่วงการ Cooling ใช้เวลาประมาณ 1ชั่วโมง ซึ่งจัดว่านานมากเป็นผลให้น้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียมสเตอริไลซ์ที่ได้ตกตะกอน และมีลักษณะคล้ายเต้าหู้ การทดลองจึงไม่สามารถดำเนินไปได้ภายใต้สภาวะสเตอริไลซ์ ตามชุดอุปกรณ์ที่มีอยู่

ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาถึงระดับอุณหภูมิต่างๆ ที่มีผลต่อคุณสมบัติน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียม ซึ่งจะกล่าวถึงในลำดับต่อไป

4.2 การศึกษาระดับอุณหภูมิต่างๆ ที่มีผลต่อความเสถียรของน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียม

ทำการทดลองให้ความร้อนที่ระดับอุณหภูมิต่างๆโดยใช้ Hot Plate Stirrer จากนั้นนำไปตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียม โดยการวัดความหนืด ด้วยเครื่อง Brookfield Digital Rheometer

ตารางที่ 4.2 แสดงช่วงเวลาก่อนถึงระดับอุณหภูมิที่กำหนด (Come up time)

ระดับอุณหภูมิที่กำหนด	Come up time (นาที)
75 °C 15 วินาที	9
80 °C 5 นาที	10
90 °C 5 นาที	12
100°C 2 นาที	14
100°C 5 นาที	16
100°C 10 นาที	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการให้ความร้อนจะทำให้ค่า Come up time ที่ได้มีค่าสูง เป็นผลให้ค่าความหนืดเปลี่ยนแปลงไปได้ อาจแก้ไขด้วยการหาอุปกรณ์ที่ใช้ในการให้ความร้อนแบบ Rapid Pasteurize หรือ Rapid Sterilize

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความหนืดที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ ณ. วันที่ 0

อุณหภูมิ ($^{\circ}$C)	เวลา	ความเร็วรอบ (rpm)	ค่าความหนืด (centipoise)*	Torque (%)*
75	15 วินาที	250	5.035	41.90
80	5 นาที	250	5.115	42.65
90	5 นาที	250	6.065	50.55
100	2 นาที	250	5.745	47.90
100	5 นาที	250	9.790	81.55
100	10 นาที	100	24.450	81.25

* ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัด 2 ซ้ำ

จากตารางที่ 4.3 พบว่าค่าความหนืดจะแปรผันตามอุณหภูมิและเวลาที่ให้ความร้อน เมื่อให้อุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความหนืดจะเพิ่มมากขึ้น และเมื่อให้ความร้อนเป็นเวลานานขึ้นความหนืดก็จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน และหลังจากนั้นได้เก็บน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียมไว้เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำกลับมาวัดค่าความหนืดอีกครั้ง แสดงดังตารางที่ 4.4

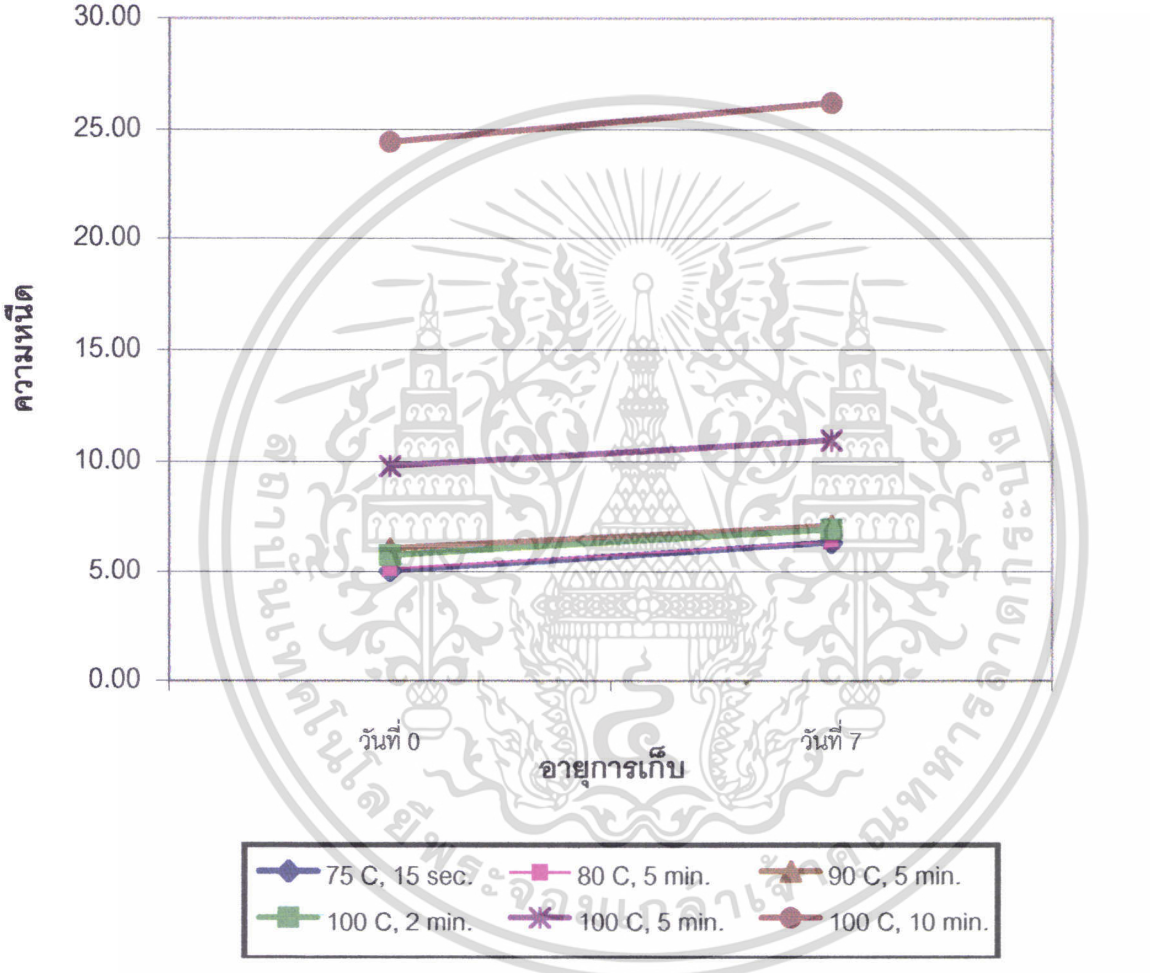
ตารางที่ 4.4 แสดงค่าความหนืดที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ ณ. วันที่ 7

อุณหภูมิ ($^{\circ}$C)	เวลา	ความเร็วรอบ (rpm)	ค่าความหนืด (centipoise)*	Torque (%)*
75	15 วินาที	250	6.330	52.85
80	5 นาที	250	6.360	53.00
90	5 นาที	250	7.090	59.10
100	2 นาที	250	6.925	57.75
100	5 นาที	250	10.950	91.60
100	10 นาที	100	26.200	87.30

* ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัด 2 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่า เมื่อเก็บน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียมไว้นานขึ้น จะทำให้ค่าความหนืดนั้นเพิ่มสูงขึ้นด้วย จากการทดลองความหนืดที่เพิ่มขึ้นของแต่ละตัวอย่างของน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียม ไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า และไม่มีตัวอย่างใดที่มีการตกตะกอนแยกชั้น



ภาพที่4.1 แสดงความหนืดที่เปลี่ยนแปลงไประหว่างการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าความหนืดเฉลี่ยของน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียม ระหว่างการเก็บรักษา

ระดับอุณหภูมิ	ความหนืด (cPs)
75 °C 15 วินาที	5.68 [a]
80 °C 5 นาที	5.74 [a]
90 °C 5 นาที	6.58 [b]
100 °C 2 นาที	6.34 [b]
100 °C 5 นาที	10.37 [c]
100 °C 10 นาที	25.33 [d]

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้งหมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

จากตารางที่4.5 แสดงให้เห็นว่าหลังจากเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 1 สัปดาห์ การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 วินาที จะมีค่าความหนืดที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการให้ความร้อนที่ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที และที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส, 15 วินาที ก็ไม่มีความแตกต่างกับที่อุณหภูมิ100องศาเซลเซียส 2 นาที

ภาพที่ 4.2 ลักษณะปรากฏของน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียม ที่อุณหภูมิต่างๆเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 7 วัน

หมายเหตุ (control) = 75 °C 15 sec. (1) = 80 °C 5 min.
(2) = 90 °C 5 min. (3) = 100 °C 2 min.
(4) = 100 °C 5 min. (5) = 100 °C 10 min.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

1. การให้ความร้อนแก่น้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียมที่ระดับสเตอริไลซ์ ที่ 121 องศาเซลเซียส 20 นาทีโดยใช้ Retort ในการให้ความร้อน ซึ่งมีช่วงเวลา Come Up Time เท่ากับ 16 นาที และช่วงเวลาในการ Cooling ประมาณ 1 ชั่วโมง พบว่า น้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียมสเตอริไลซ์ที่ได้ เกิดการตกตะกอน และมีลักษณะคล้ายเต้าหู้

2. เมื่อให้อุณหภูมิที่สูงขึ้นความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียมจะเพิ่มขึ้น และ เมื่อให้ความร้อนเป็นเวลานานขึ้น ค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียมก็จะเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน

3. เมื่อเก็บน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียมไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน จะทำให้ค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลือง ในทุกระดับอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น

4. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ระดับอุณหภูมิในการให้ความร้อน และการเก็บรักษา มีผลทำให้ค่าความหนืดแตกต่างกัน

5. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ระดับอุณหภูมิที่สูงที่สุด ที่ให้ค่าความหนืดใกล้เคียงกับอุณหภูมิในการพาสเจอร์ไรส์ (75 องศาเซลเซียส 15 วินาที) คือ อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

1. ปัญหาในการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียมสเตอริไลซ์ในการทดลองนี้ คือ เครื่อง Retort ที่ใช้ สามารถทนต่อความดันได้ 1.5 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเท่านั้น ส่งผลให้อุณหภูมิของ Retort สูงที่สุดได้เพียง 121 องศาเซลเซียส จึงทำให้อุณหภูมิภายในกระป๋องเพิ่มขึ้นได้ช้า และใช้เวลาในการ cooling นาน ทำให้น้ำนมถั่วเหลืองตกตะกอน หากต้องการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียมสเตอริไลซ์จึงจำเป็นต้องมี Retort หรืออุปกรณ์ให้ความร้อนที่มีประสิทธิภาพ สามารถให้ความร้อนถึงระดับที่ต้องการภายในระยะเวลาสั้น

2.ในกรณีของการให้ความร้อนแบบพาสเจอร์ไรส์ควรจะมีอุปกรณ์ที่ให้ความร้อนถึงระดับที่ต้องการภายในระยะเวลาสั้นเช่นเดียวกัน

3. จากผลการศึกษาเบื้องต้น พบว่า การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ สูงที่สุดคือ100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที จะมีการเปลี่ยนแปลงความหนืด ใกล้เคียงกับ น้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียมพาสเจอร์ไรซ์ จึงควรมีการศึกษาต่อเพื่อทำให้สามารเก็บรักษาน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียมไว้ได้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน ในรูปแบบของน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียมสเตอริไลซ์บรรจุกล่องเตตร้าแพ็ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ปริยาพร เขียวขำ. 2544. "การศึกษากระบวนการผลิตและคุณสมบัติของน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียม." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Kenneth J. : Leon Levine and J. Peter Clark. 1991. **Food Processing Operations and Scale-Up.** New York. Marcel Dekker.

Edmund W.L. and David R.E. 1989. "Soymilk Heat Treatment and Package Considerations." **Food uses of whole oil and protein seeds.** Illinois : 58,99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
การวิเคราะห์คุณภาพโดยการวัดความหนืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การวิเคราะห์ความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield Digital Rheometer

อุปกรณ์

1. ปิเปต
2. เข็มวัดเบอร์ SC4-18
3. Chamber SC4-13R
4. ชุด Small Sample Adapter
5. Cooling bath

วิธีวิเคราะห์

1. เช็คระดับลูกน้ำ ปรับระดับลูกน้ำให้อยู่ที่จุดกึ่งกลางของกรอบและเปิด Power Switch ด้านหลังตัวฐานของเครื่อง
2. กดปุ่ม Moter on/off เครื่องจะทำการปรับศูนย์อัตโนมัติ เมื่อหน้าจอขึ้น Auto zero is complete กดปุ่ม Next
3. ผสมตัวอย่างน้ำนมถั่วเหลืองให้เข้ากัน ปิเปตตัวอย่างน้ำนมถั่วเหลืองมา 8 มิลลิลิตร ระวังอย่าให้มีฟองอากาศ ใส่ใน chamber ซึ่งติดตั้งเข้ากับชุด Small Sample Adapter ควบคุมอุณหภูมิตลอดการวิเคราะห์ที่ 25 องศาเซลเซียสด้วย cooling bath
4. ใส่เข็มเบอร์ SC4-18 และจุ่มเข็มลงในตัวอย่างจนท่วมรอยที่กึ่งกลางเข็ม
5. กด Select SPDL เพื่อเลือกรหัสของเข็ม (ในที่นี้คือ 18) และกด Select SPDL อีกครั้งเพื่อตอบตกลง
6. ใส่ตัวเลขความเร็วรอบ หลังจากนั้น Moter จะเริ่มทำงานโดยสังเกตหัวเข็มเริ่มหมุน อ่านค่าความหนืดของตัวอย่างเป็นเซนติพอยส์ (centipoise , cPs)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อศึกษาค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียม เมื่อให้ความร้อนในระดับอุณหภูมิต่างๆ และเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 1 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข1 แสดงค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียม เมื่อให้ความร้อนในระดับต่างๆ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 1 สัปดาห์

ระดับอุณหภูมิ	ความหนืด (cPs)
75 °C 15 วินาที	5.68 [a]
80 °C 5 นาที	5.74 [a]
90 °C 5 นาที	6.58 [b]
100 °C 2 นาที	6.34 [b]
100 °C 5 นาที	10.37 [c]
100 °C 10 นาที	25.33 [d]

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ($P>0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียม เมื่อให้ความร้อนในระดับต่างๆ และเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 7 วัน

Source of variance	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	3599.758	7	514.251	19456.633	.000*
DAY	9.767	1	9.767	369.515	.000*
TRT	1187.791	5	237.558	8987.989	.000*
Error	.449	17	2.643E-02		
Total	3600.208	24			

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้