สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาเครื่องผลิตน้ำนมถั่วเหลือง

DEVELOPMENT THE SOYMILK EXTRACTION MACHINE

โดย

นายนิพนธ์ รุ่งแสง

นายพงศ์ปณต ผลเนตร

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....36740
วัน, เดือน, ปี.....28 ส.ค. 2543

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2542

การพัฒนาเครื่องผลิตน้ำนมถั่วเหลือง

DEVELOPMENT THE SOYMILK EXTRACTION MACHINE

โดย

นายนิพนธ์ รุ่งแสง

นายพงศ์ปณต ผลเนตร

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.วินัย กล้าจริง

อาจารย์ภัทรชัย วิชัยยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2542

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การพัฒนาเครื่องผลิตน้ำนมถั่วเหลือง

ผู้จัดทำ

1. นายนิพนธ์ รุ่งแสง
2. นายพงศ์ปณต ผลเนตร

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร.วินัย กล้าจริง)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ภัทรชัย วิชัยยะ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาเครื่องผลิตน้ำนมถั่วเหลือง

นายนิพนธ์ รุ่งแสง
นายพงศ์ปณต ผลเนตร
ดร.วินัย กล้าจริง อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์ภัทรชัย วิชัยยะ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา ๒๕๔๒

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการพัฒนาเครื่องผลิตน้ำนมถั่วเหลืองจากโครงงานเดิมที่ได้มีอยู่แล้ว โดยทำให้เป็นแบบอัตโนมัติ มีโครงสร้างที่แข็งแรงมั่นคงและขนาดกะทัดรัด สามารถทำให้เป็นแบบอุตสาหกรรมภายในครัวเรือนได้ โดยการประยุกต์หลักการของระบบอัตโนมัติ อาศัยวงจร SENSOR ที่เติมไว้ในส่วนของหม้อลูกลอยเพื่อคอยควบคุมการปิด-เปิด ของระบบการทำงานของเครื่อง โดยทั้งระบบการทำงานจะให้ความสำคัญของการทำความสะอาดเครื่องหลังจากผลิตแล้วเป็นหลักในการออกแบบในกระบวนการต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SOYMILK EXTRACTION MACHINE DEVELOPMENT

Nipon Rungsang
Phongpranod Pholneth
Dr. Vinai Klajring Advisor
Pattarachai Vichaiya Advisor
1999

Abstract

The purpose of the Project is to develop the Soymilk Extraction Machine which was Established from previous project. The improvements were more stable structure and more compact in size suitable for small family industry. Automatic sensors were used to control buoy pot to control power on and off to prevent overflow. The main design concept was for easy cleaning for sanitization.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	ก
สารบัญรูปภาพ	ค
สารบัญตาราง	ง
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 คำนำ	1
1.2 ปัญหางานวิจัยเกี่ยวกับถั่วเหลืองในอนาคต	3
1.3 องค์ประกอบของเมล็ดถั่วเหลือง	4
1.4 อุตสาหกรรมทำน้ำถั่วเหลือง	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	13
2.1 กรรมวิธีการผลิต	13
2.2 ผลิตภัณฑ์อาหารจะได้รับความร้อนจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน	14
2.3 ขบวนการพาสเจอร์ไรส์น้ำนม	15
2.4 การทำการสะอาดเครื่องผลิตน้ำนมถั่วเหลือง	17
2.5 วงจรควบคุมอัตโนมัติ (SENSOR)	18
บทที่ 3 การคำนวณการสร้าง	20
3.1 ถังน้ำและถังพักถั่วเหลือง	20
3.2 ชุดโม่	20
3.3 ชุดกรอง	20
3.4 เหล็กแป็บแบนทำโครงสร้าง	24
3.5 มอเตอร์	25
3.6 ถังแก๊สและหัวแก๊ส	25
3.7 ชุดต้ม	25
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	26
4.1 การทดลองที่ 1. หาระยะความสูงของท่อส่งก่อนเข้าหม้อต้ม	26
4.2 การทดลองที่ 2. หาอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้ในการต้ม	28
4.3 การทดลองที่ 3. หาความแตกต่างของการชุดกรอง	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4 การทดลองที่ 4. เปรียบเทียบคุณภาพนมถั่วเหลือง	32
4.5 การทดลองที่ 5. ทดลองจากข้อมูลทั้งหมดที่ได้มีการทดลองมา	34
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผล	35
5.1 เปรียบเทียบความแตกต่างของการต้มกับการพาสเจอไรส์	35
5.2 วิเคราะห์อัตราผลตอบแทนต่อปีของเครื่องและจุดคุ้มทุน	35
5.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจุดคุ้มทุนระหว่างเครื่องกับคน	39
5.4 สรุปการพัฒนาเครื่องผลิตน้ำนมถั่วเหลือง	40
ภาคผนวก	41
กิตติกรรมประกาศ	44
เอกสารอ้างอิง	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 แผนภูมิที่ 1 ขั้นตอนการทำน้ำนมถั่วเหลือง	9
รูปที่ 2.1 แผนภูมิแสดงส่วนประกอบของน้ำนมถั่วเหลือง	13
รูปที่ 2.2 การทำงานของวงจร SENSOR	19
รูปที่ 3.1 ถังน้ำและกรวยป้อนถั่งเหลือง	20
รูปที่ 3.2 ชุดโม่	21
รูปที่ 3.3 ชุดกรองและลักษณะการทำงาน	22
รูปที่ 3.4 ส่วนประกอบชุดกรอง	23
รูปที่ 3.5 โครงสร้างและขนาดของเครื่อง	24
รูปที่ 3.6 ขนาดของชุดหม้อต้ม	25
รูปที่ 4.1 ผลการทดลองที่ 1.	27
รูปที่ 4.2 ผลการทดลองที่ 2.	29
รูปที่ 4.3 ผลการทดลองที่ 3.	31
รูปที่ 4.4 ผลการทดลองที่ 4.	33
รูปที่ 5.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจุดคุ้มทุนระหว่างผลิตด้วยเครื่องกับคนผลิต	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 กำลังการผลิต ปริมาณการผลิต และความต้องการของตลาดในประเทศของนมถั่วเหลือง และผลิตภัณฑ์นม	5
ตารางที่ 1.2 ส่วนประกอบของน้ำนมถั่วเหลืองเปรียบเทียบกับน้ำนมวัวใน 100 กรัม	8
ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาของการพาสเจอไรส์นม	16
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองที่ 1.	27
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองที่ 2.	28
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองที่ 3.	30
ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองที่ 4.	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 คำนำ

ถั่วเหลือง (Soybean (Glycine max L.)) เป็นพืชเก่าแก่มากชนิดหนึ่งในประวัติศาสตร์ไทย มีผู้สันนิษฐานว่าแพร่กระจายมาจากประเทศจีนตอนใต้เข้าสู่ภาคเหนือของประเทศไทย เป็นพืชตระกูลถั่วที่มีความสำคัญยิ่ง เนื่องด้วยคนจีนที่อพยพมาได้นำติดตัวมาเพื่อใช้ปลูกเป็นอาหารตามหลักฐานบ่งชี้ว่ามีการปลูกถั่วเหลืองในประเทศไทยครั้งแรก เมื่อพระยาอนุบาลพายัพเทศาภิบาลมณฑลพายัพ (จังหวัดเชียงใหม่ในปัจจุบัน) ได้ส่งเสริมให้ปลูกถั่วเหลืองในนาหลังการเก็บเกี่ยวแล้ว ต่อมาได้มีการพัฒนาเป็นลำดับ จนถั่วเหลืองกลายเป็นพืชสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทยในปัจจุบัน

ถั่วเหลืองเป็นพืชที่ให้ทั้งน้ำมันและโปรตีนสูง โดยปกติองค์ประกอบในถั่วเหลืองเป็นพืชที่มีประโยชน์ต่อมวลมนุษย์ชาติอย่างเอนกอนันต์ กล่าวคือ เมล็ดของถั่วเหมาะสมทั้งที่จะนำมาแปรรูปเป็นอาหารประเภทมีคุณค่าทางโภชนาการเทียบกับโปรตีนที่ได้จากการบริโภคเนื้อสัตว์ แต่เป็นโปรตีนที่มาจากพืชที่สามารถผลิตได้ในราคาถูกกว่ามาก เช่นเต้าหู้ และเนื้อเทียมต่าง ๆ และเนื่องด้วยมีคุณสมบัติที่องค์ประกอบของเมล็ด มีน้ำมันในปริมาณสูง ผลผลิตถั่วเหลืองจึงสามารถนำมาแปรรูปในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อบริโภครูปแบบหนึ่งคือน้ำมันพืช ที่ใช้สำหรับปรุงอาหาร และสำหรับผสมในเนื้อสัตว์บรรจุกระป๋องใช้สำหรับบริโภคเท่านั้น แต่ยังถูกใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตสบู่ , สี , เรซิน และน้ำมันขัดเงาบางประเภทด้วย

นอกจากการบริโภคถั่วเหลืองในรูปอาหารโปรตีนสูง และน้ำมันถั่วเหลืองเพื่อปรุงอาหารโดยตรง มนุษย์ยังสามารถบริโภคถั่วเหลืองโดยทางอ้อมได้ด้วย ในรูปเนื้อสัตว์ที่ได้รับการเลี้ยงโดยอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นส่วนสำคัญ กากถั่วเหลืองดังกล่าวนี้เป็นผลิตที่เหลือภายหลังจากถั่วเหลืองผ่านกรรมวิธีการสกัดน้ำมันพืช ในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันพืชนั่นเอง ปัจจุบันพบว่าอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ได้ขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วมาก และอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์แทบทุกชนิด เช่น ไก่ สุกร กุ้ง และปลา จำเป็นต้องใช้กากถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของอาหารทั้งสิ้น ดังนั้นความต้องการถั่วเหลืองเพื่อประกอบอาหารสัตว์จึงเพิ่มขึ้นมากทั้งในสำคัญของอาหารภายในประเทศ ปัจจุบันพบว่าความต้องการกากถั่วเหลืองในอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ของตลาดโลกและตลาดภายในประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงมากกว่าปีละ 1 ล้านตัน ทำให้จำเป็นต้องนำเข้าจากต่างประเทศส่วนหนึ่งด้วย โดยในปี 2539 ได้นำเข้าผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองจากต่างประเทศในรูปต่าง ๆ ดังนี้

เมล็ด 313,460 ตัน

ผลิตภัณฑ์น้ำมัน 2,185 ตัน

ผลิตภัณฑ์กากถั่วเหลือง 645,763 ตัน

จากสถิติดังกล่าวแสดงว่าความต้องการที่แท้จริงของเมล็ดถั่วเหลืองภายในประเทศ โดยไม่รวมผลิตภัณฑ์อื่นที่มีความต้องการสูงถึงไม่ต่ำกว่าปีละ 8 แสนตัน ในขณะที่เกษตรกรไทยสามารถผลิตได้เพียงปีละประมาณ 5 แสนเท่านั้น อย่างไรก็ตามเป้าหมายในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 ได้กำหนดให้มีการผลิตถั่วเหลืองให้เพียงพอกับความต้องการใช้ภายในประเทศ หมายความว่าเกษตรกรไทยควรจะต้องผลิตถั่วเหลืองมากขึ้น แต่ความเป็นจริงที่เกิดขึ้นในขณะนี้ซึ่งปรากกว่าจากข้อมูลของศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ได้วิเคราะห์พบว่า ในปีเพาะปลูก 2539- 40 จะมีเนื้อที่ปลูกถั่วเหลืองทั้งประเทศ เพียง 1.695 ล้านไร่ จะได้ผลผลิตเพียง 0.359 ล้านตันเท่านั้น ลดลงมาจากก่อนหน้า ซึ่งปกติจะมีพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองทั้งในฤดูฝน-ปลายฝนและฤดูแล้งประมาณ 2.5 ล้านไร่ พืนที่ดังกล่างนี้เป็นที่ดินอย่างมีประสิทธิภาพในเขตเกษตรกรชลประทาน ดังนั้นถ้าสามารถเพิ่มการผลิตถั่วเหลืองในเขตชลประทานได้ จะสามารถเพิ่มผลผลิตถั่วเหลืองของประเทศได้อีกมาก

จากสถิติ แสดงข้างต้นจะเห็นได้ว่า ถึงอย่างไรเกษตรกรผู้ปลูกถั่วเหลืองจะไม่มีโอกาสประสบปัญหาผลผลิตถั่วเหลืองล้นตลาด เพราะปริมาณที่ผลิตได้กับปริมาณความต้องการยังห่างไกลกันมาก และอีกประการหนึ่งได้พบว่า ถั่วเหลืองเป็นพืชไร่พืชหนึ่งที่มีราคาค่อนข้างมีเสถียรภาพมาก ดังจะเห็นได้ว่าในปี 2539-40 เกษตรสามรรถขายเมล็ดถั่วเหลืองได้ถึงกิโลกรัมละ 8.75 – 10.50 บาท และในปี 2540-41 ได้มีรายงานอย่าไม่เป็นทางการว่าเกษตรบางท้องที่สามารถขายได้ไม่ต่ำกว่ากิโลกรัมละ 12 บาทในช่วงเดือน เมษายน 2541 จากสภาวะการดังกล่าวจะเห็นได้ว่าเป็นเรื่องเกี่ยวกับข้าวซึ่งปลูกเป็นพืชหลัก ดังนั้นยิ่งถ้าสามารถทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นได้อย่างมั่นคง ความหวังที่จะสร้างความนิยมให้เกษตรหันมาปลูกถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น จะยิ่งมีความเป็นไปได้เพิ่มมากขึ้นเป็นเงาตามตัว ในที่สุดจะส่งผลถึงมวลรวมของผลผลิตถั่วเหลือง ของประเทศต่อระบบเกษตรยั่งยืนด้วยทั้งนี้เพราะถั่วเหลืองเป็นพืชที่มีจุลินทรีย์ไรโซเบียมสร้างปมอยู่ที่รากสามารถตรึงก๊าซไนโตรเจนจากอากาศมาปรุงเป็นประกอบไนโตรเจนใช้หล่อเลี้ยงการเจริญเติบโตของต้นและสร้างผลผลิตให้เพิ่มมากขึ้น เท่านั้นยังไม่พอปมรากถั่วในดินยังก่อให้เกิดผลพลอยได้ตกค้างในดินด้วย ทั้งนี้เพราะได้พบธาตุอาหารไนโตรเจนสะสมในดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อมากขึ้นอีกส่วนหนึ่งดังจะเห็นได้จากรายงานการทดลองของ เธียรชัยและคณะ (2533) ได้ทดลองปลูกถั่วเหลืองโดยคลุกไรโซเบียมแล้วปลูกกระถาง ดินที่ใช้ปลูกได้วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบไนโตรเจนทั้งก่อนปลูกและหลังการเก็บเกี่ยวถั่วเหลือง ได้พบว่าภายหลังเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองแล้วปรากกว่าในดินที่ปริมาณสารประกอบไนโตรเจนเพิ่มขึ้น ทั้ง NH_4 –N และ NO_3 - N โดยเพิ่มขึ้นจาก 33.6 และ 16.8 มิลลิกรัมต่อกระถาง เป็น 37.3 และ 28.0 มิลลิกรัมต่อกระถางตามลำดับ

1.2 ปัญหางานวิจัยเกี่ยวกับถั่วเหลืองในอนาคต

นักวิทยาการศาสตร์การเกษตรหลายท่านได้กำลังศึกษาเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของถั่วเหลือง ตัวอย่างของปัญหาที่กำลังศึกษากันอยู่คือ

1. การปรับปรุงประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของถั่วเหลือง ทั้งนี้เพราะจากการทดลองพบว่าถั่วเหลืองใช้ประโยชน์จากแสงอาทิตย์ได้เพียง 2 –3 เปอร์เซ็นต์ของที่ส่องพื้นผิวโลกเท่านั้น
2. ทำอย่างไรจึงจะลดการร่วงของดอกได้ เพราะในบางกรณีดอกถั่วเหลืองมากถึง 75 เปอร์เซ็นต์ ถ้าหากวิธีป้องกันการร่วงของดอกไม้บ้างก็จะเป็นการเพิ่มผลผลิตของถั่วเหลืองโดยตรง
3. การปรับปรุงคุณภาพโปรตีนและน้ำมันในเมล็ดถั่วเหลือง เช่น การหาพันธุ์ที่มีปริมาณกรดอะมิโนพอเหมาะไม่มี trypsin inhibitor (สารที่ทำให้โปรตีนถั่วเหลืองย่อยมาก) มีกรด linolenic ต่ำ เป็นต้น
4. การสร้าง พันธุ์เพาะตัวอย่างอย่าง เช่น พันธุ์โปรตีนสูง หรือพันธุ์น้ำมันสูง
5. การเพิ่มประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียม เช่น การหาพันธุ์ไรโซเบียมที่ตรึงไนโตรเจนได้ดีกว่า และการหาวิธีคลุกเชื้อที่มีประสิทธิภาพเป็นต้น
6. การสร้างพันธุ์ที่ต้านทานหรือทนทานต่อโรคและแมลง
7. การปรับปรุงสภาพแวดล้อมของพืช เช่นการใช้ปุ๋ยอย่างถูกวิธี อัตราปลูกที่เหมาะสม เป็นต้น
8. การใช้ถั่วเหลืองในระบบการปลูกพืช เพื่อการใช้เนื้อที่อย่างประสิทธิภาพมากที่สุด

โดยปกติแล้วงานวิจัยขั้นพื้นฐานไม่อาจใช้ในไร่ได้ทันที แต่ต้องการเวลาในการทดสอบอีกมาก ดังนั้นงานวิจัยทางด้านถั่วเหลืองจึงยังมีอนาคตไกลมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 องค์ประกอบของเมล็ดถั่วเหลือง

มนุษย์ใช้เมล็ดถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบในการประกอบอาหารมาเป็นเวลานานนับพัน ๆ มีทั้งนี้เพราะเมล็ดถั่วเหลืองมีคุณค่าทางอาหารที่ดีเด่นกว่าเมล็ดพืชอื่น ๆ คือปริมาณน้ำมันและโปรตีนอีกทั้งราคาถูก สามารถปลูกและหาได้ง่าย จากการทดลองในห้องปฏิบัติการของงานวิจับเคมีพืชและผลิตกองเกษตรเคมีพบว่าถั่วเหลือง มีองค์ประกอบที่สำคัญดังต่อไปนี้ คือ

ไขมัน	20 %
โปรตีน	40 %
คาร์โบไฮเดรท	25.04 %
เกลือแร่ธาตุต่าง ๆ	5.06 %
เส้นใย	1.5 %
ความชื้น	8.4 %

1.4 อุตสาหกรรมทำน้ำมันถั่วเหลือง

ปัจจุบันการใช้ถั่วเหลืองมาผลิตเป็นน้ำมันถั่วเหลือง หรือโดยทั่วไปเรียกว่ากันว่าน้ำเต้าหู้ มีมากขึ้นเป็นลำดับ ทั้งนี้ก็เพราะประชาชนเกิดความรู้ความเข้าใจในคุณค่าทางโภชนาการของน้ำนมถั่วเหลืองมากขึ้น ประกอบกับน้ำมันถั่วเหลืองสามารถใช้เป็นอาหารเสริมดื่มแทนน้ำนมวัวมากขึ้น ซึ่งนมวัวเป็นผลิตภัณฑ์ที่ส่วนใหญ่แล้วต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศแต่จะทำให้ราคาของนมถั่วเหลืองเมื่อเทียบกับน้ำวัวแล้ว นมถั่วเหลืองมีข้อได้เปรียบด้านราคาค่อนข้างมาก อย่างไรก็ตามถึงแม้คุณภาพแล้วก็สามารถเป็นไปได้ยังในฐานะที่ได้เปรียบเทียบในด้านราคาเช่นเดิม

ปัจจุบันเชื่อว่าถั่วเหลืองถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมทำน้ำนมถั่วเหลืองมีสูงถึงประมาณ 10 % ของปริมาณถั่วเหลืองที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารมนุษย์ในปี 2525 โดยที่เริ่มจากอุตสาหกรรมในครัวเรือน จนถึงอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เช่น กลุ่มแรกทำน้ำเต้าหู้ใส่รถไปขายทั่วไป ซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมากในแหล่งชุมชนแหล่งที่อยู่อาศัย พวกนี้จะทำวันต่อวัน แล้วกรอกใส่ขวดหรือถุงพลาสติกโดยไม่มีการผ่านความร้อนอย่างถูกวิธี ทั้งนี้เพื่อจำหน่ายในย่านนั้น ๆ หรือส่งให้ผู้บริโภคเป็นประจำวัน โดยน้ำนมถั่วเหลืองสามารถเก็บในตู้เย็นได้ 2 –3 วัน กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มของโรงงานเป็นประจำ โดยที่นมนั้นสามารถเก็บในตู้เย็นได้ 2 –3 วัน กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มของโรงงานอุตสาหกรรม ถือเป็นผู้ผลิตที่มีใบอนุญาตตามกฎเกณฑ์ของกระทรวงอุตสหากรรมและกระทรวงสาธารณสุข ถือเป็นผู้ผลิตที่มี และจะมีเลขทะเบียนในการผลิต มีการควบคุมคุณภาพและความสะอาดปลอดภัยเป็นไปตามข้อกำหนด ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทนี้อยู่ 4 โรงงาน เป็นเอกชน 3 ราย ราชการ 1 ราย กำลังผลิตมีรวมทั้งสิ้นประมาณ 65 ล้านลิตร เงินลงทุนรวมทั้งสิ้นประมาณ 215 ล้านบาท กำลังการผลิตเริ่มมีเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่ปี 2533 อัตราส่วนของการบริโภคถั่วเหลืองเปรียบเทียบกับปริมาณความต้องการบริโภคทั้งหมดนับว่าอยู่เกณฑ์ที่ต่ำมากอยู่ ทั้งนี้เพราะการขยายตัว ด้านความต้องการของน้ำนมถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์มีลง-มีขึ้นทุกปี

ตารางที่ 1.1 กำลังการผลิตน้ำนม กำลังการผลิตน้ำนมถั่วเหลือง และความต้องการของตลาดในประเทศของนมถั่วเหลือง และผลิตภัณฑ์นม หน่วย ล้านลิตร

ความต้องการในประเทศ = ปริมาณการจำหน่ายในประเทศ + การนำเข้า

ปี	กำลังผลิตน้ำนม	กำลังการผลิตนมถั่วเหลือง	ความต้องการในประเทศไทย	
			นมพร้อมดื่ม	นม+นมถั่วเหลือง
2520	40	17.2	47.3	508.8
2521	40	20.3	55.8	501.8
2522	40	33.9	72.7	513.8
2523	40	31.1	73.0	498.0
2524	65	42.3	66.3	536.0

สำหรับกรรมวิธีในการทำน้ำนมถั่วเหลือง ได้มีผู้ค้นคว้าวิจัยและทดลองกันมากมายทั้งนี้เพื่อจุดประสงค์ของการที่จะให้ได้มาซึ่งน้ำนมถั่วเหลืองที่มีคุณภาพทั้งทางรสชาติและทางกายภาพ เป็นไปตามความยอมรับของผู้บริโภคในแต่ละท้องถิ่น กรรมวิธีการทำน้ำนมถั่วเหลืองมีอยู่หลายแบบและด้วยกัน โดยเริ่มตั้งแต่แบบง่ายๆที่ทำกันในบ้านซึ่งเป็นวิธีของจีนโบราณจนถึงถึงสมัยใหม่ ซึ่งมีกระบวนการที่ซับซ้อนในอุตสาหกรรม กรรมวิธีที่ทำอยู่อาจแบ่งเป็น 3 แบบด้วยกัน คือ

1. การใช้น้ำสกัด (Water extract process)
2. วิธีการทำให้เป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำ (Water emulsion process)
3. การใช้โปรตีนบริสุทธิ์ (Protein isolate process)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. วิธีการใช้น้ำสกัด (Water extract process)

การทำน้ำนมถั่วเหลืองแบบแรกเป็นวิธีการที่ใช้กันมานานจนเรียกว่าวิธีเก่าแก่ที่สุดอันหนึ่ง โดยการใช้ถั่วเหลืองแช่น้ำเพื่อให้ถั่วนิ่ม จะใช้เวลาตั้งแต่ 1 ชม. ถึง 20 ชม. แล้วแต่อุณหภูมิของน้ำที่แช่ถั่วเหลือง คือ ถ้าใช้น้ำที่มีอุณหภูมิสูงก็จะนิ่มตัวเร็วกว่าการใช้น้ำที่อุณหภูมิห้อง น้ำที่กรองออกมาได้จะมีลักษณะคล้ายน้ำนมและมักลื่นเหม็นเขียวตามลักษณะของถั่วเหลืองอยู่ ปัจจุบันได้มีการค้นคว้าวิจัยหลายชิ้นได้พยายามทดสอบคิดค้นที่จะทำลายกลิ่นถั่วเหลืองซึ่งจัดว่าเป็นความรู้สึกที่ไม่ต้องการให้มีอยู่ในน้ำนมถั่วเหลืองให้หมดไปโดยใช้วิธีการต่าง ๆ ซึ่งผลก็เป็นทราบกันดีกว่า อุณหภูมิ เวลา และสารเคมี เช่น แอลกอฮอล์ เป็นสารที่สามารถกำจัดหรือลดความรุนแรงของกลิ่นถั่วเหลืองได้ในการทำนมถั่วเหลือง ขณะเดียวกันก็พบว่าการใช้ความร้อนที่ถูกต้องเหมาะสมยังทำให้สารต่างๆที่ไม่ต้องการถูกทำลายหรือสลายตัวไปได้ด้วย เช่น สารยับยั้งการย่อยสลายและการดูดซึมของโปรตีน คือ Trypsin inhibitors Phytic สาร Saponins และ Hemagglutinins เป็นต้น ซึ่งในเรื่องของการปรับปรุงกรรมวิธีทำน้ำนมถั่วเหลือง เพื่อให้เกิดผลดีในด้านคุณค่าโภชนาการการปรับปรุงกรรมวิธีทำน้ำนมถั่วเหลืองนั้นมาต้มที่อุณหภูมิสูง 240 °F ด้วยหม้อความดัน โดยใช้เวลา 5 นาที ซึ่งนอกจากจะทำลายกลิ่นถั่วเหลืองอันเกิดจาก enzymes Lipoxygenase แล้วยังทำลายและจุลินทรีย์ต่าง ๆ อันอาจปะปนมาในขณะผ่านขั้นตอนการทำด้วย น้ำ ที่ได้จะนำมาผ่านเครื่องทำให้เนื้อเดียวกัน (Homigenizer)

จากน้ำนมถั่วเหลืองที่ได้ Dr. Miller ได้ทำการวิเคราะห์พบว่ามีส่วนประกอบ คือ 3.2 % โปรตีน 1.75 % ไขมัน และ 1 % คาร์โบไฮเดรต น้ำนมถั่วเหลืองนี้เมื่อนำมาปรับปรุงแต่งส่วนประกอบ คือ นำมาเติมไขมันตามส่วน น้ำตาลทราย และน้ำตาลจากข้าวมอลท์ และเกลือแกงแล้ว ก็จะพบว่ามีส่วนประกอบ คือ 3.5 % โปรตีน 3.5 % ไขมัน 5 % คาร์โบไฮเดรต และ 0.25 % เกลือแกง สามารถนำไปใช้เลี้ยงเด็กในโรงพยาบาลของเขา

สำหรับขั้นตอนการผลิตน้ำนมถั่วเหลือง โดยใช้วิธีการใช้น้ำสกัดนั้น ปัจจุบัน ได้มีการนำมาใช้อุตสาหกรรมตั้งแต่ในเรือนครัว และอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ในบ้านเรา ทั้งนี้เนื่องจากคนไทยเราส่วนใหญ่ซึ่งมีเชื้อสายจีนอยู่มาก ไม่รังเกียจเนื้อถั่วเหลืองที่ติดมากับน้ำนมถั่วเหลือง อีกทั้งกรรมวิธีง่ายต่อการทำ ใช้เครื่องมืออุปกรณ์ในการผลิตค่อนข้างน้อย

ในทางปฏิบัติของผู้ผลิตแต่ละแห่งมีความแตกต่างกันในส่วนปลีกย่อยเล็กน้อย อย่างไรก็ตามคุณภาพของน้ำนมถั่วเหลืองที่ได้ก็มีความคล้ายคลึงกันมากแต่แตกต่างกันออกไปก็ตรงองค์ประกอบของวัตถุที่เติมแต่งเข้าไปเพื่อให้มีกลิ่นและรส ทำให้มีความเป็นผลิตภัณฑ์เฉพาะตัว ขั้นตอนในการทำน้ำนมถั่วเหลือง แบบ Water extract process จึงอาจกล่าวโดนสรุปเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 ถั่วเหลืองนำมาผ่านการคัดเลือกเอาเมล็ด เสีย เน่า และตัดออกทิ้งไป (โดยทั่วไปแล้วถั่วเหลืองและใบเลี้ยงสีเหลืองเท่านั้นจะเป็นสิ่งนำมาทำเป็นน้ำนมถั่วเหลือง) รวมทั้งจึงนำมาโม่ผ่าซีก เพื่อแยกเอาเปลือกออกบางส่วน หรืออาจไม่ผ่าซีกก็ได้

1.2 ล้างน้ำให้สะอาด เพื่อเอาฝุ่นละอองออกไป

1.3 แช่น้ำให้นิ่มตัว อุณหภูมิในการแช่ถั่วขึ้นอยู่กับความต้องการในการกำจัดกลิ่นถั่ว กล่าวคือการแช่ที่อุณหภูมิสูงกลิ่นถั่วจะลดลง และถ้าแช่อุณหภูมิต่ำกลิ่นถั่วจะมีมากกว่า หรือ ในช่วงนี้อาจใช้สารเคมี เช่น Sodium bicarbonate หรือ Socium Carbonate ในอัตราส่วนที่ไม่เกิน 0.5 % ของน้ำ แช่ร่วมด้วย เพื่อกำจัดสีของถั่วเหลืองให้มีความขาวขึ้นรวมทั้งมีผลในการลดความเข้มข้นของกลิ่นถั่ว ขณะเดียวกันก็จะช่วยจำกัดรสขมที่อาจมีในถั่วให้ลดลงออกไปจากถั่วด้วย การแช่ถั่วนี้จะใช้อัตราส่วนของถั่วต่อน้ำ ไม่น้อยกว่า 1 ต่อ 3

1.4 ล้างให้สะอาดและเป็นการกำจัดเอาเปลือกถั่วที่หลุดออกจากใบเลี้ยง ทั้งนี้เพราะส่วนนี้ถือเป็นส่วนที่ไม่ต้องการเพราะไม่ใช่สารอาหารที่มีคุณค่าต่อร่างกาย

1.5 การบดให้ละเอียดซึ่งอาจทำได้โดยการใช้โม่หินหรืออาจเป็นเครื่องบดโดยใช้แรงฉุดมอเตอร์ไฟฟ้าและมีประสิทธิภาพการบดให้ละเอียด มีประสิทธิภาพสูง เป็นต้น การบดจะใช้น้ำบางส่วนร่วมด้วยเพื่อทำการบดเป็นไปอย่างสะดวกความสามารถของเครื่องของที่จะสามรถรับได้เป็นเกณฑ์ อัตราส่วนของน้ำต่อถั่วเหลืองหลังบดแล้วอาจเป็นอัตราส่วน คือ 1 ต่อ 10

1.6 การกรองเอาส่วนที่ไม่ละลายน้ำออก (กาก) การทำในปริมาณน้อยอาจใช้สิ่งที่ง่ายที่สุด คือผ้าขาวบางกรองซึ่งก็สามารถทำได้ในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ขึ้นไปก็มีเครื่องกรองอยู่หลายแบบให้เลือกใช้อาจเป็นชนิดที่ไม่ต่อเนื่อง (Batch) หรือชนิดต่อเนื่อง (Continuos) เช่นแบบเป็น Batch ได้แก่ Filter press แบบต่อเนื่องได้แก่ Decantor หรือ Saparator เป็นต้น

1.7 การต้มให้สุก น้ำนมถั่วเหลืองที่ได้จากการสกัดออกมาแล้วจะนำมาต้มให้สุกก่อนเพื่อทำลายและหยุดยังปฏิกิริยาทางเคมี มีขั้น ตามมาอีกมากมาย เช่นกลิ่น รส ที่จะเปลี่ยนแปลงไป

1.8 การเติมแต่ง เนื่องจากน้ำนมถั่วเหลืองที่ได้ยังมีรสชาดและกลิ่นรวมทั้งคุณค่าทางโภชนาการยังไม่เป็นที่ยอมรับและดีเท่าที่ควร ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องนำมาปรับปรุงให้มีคุณภาพใกล้เคียงกับน้ำนมวัวให้มากที่สุด ก็จะเกิดประโยชน์ต่อผู้ดื่มมากขึ้น การเติมแต่งนี้จะใช้น้ำตาลทรายเพื่อทำให้มีรสหวานขึ้น การใช้น้ำมันพืชเพื่อทำให้น้ำนมมีคุณค่าทางโภชนาการด้านไขมันมีปริมาณเท่าเทียมกับน้ำนมวัว และการปรับปรุงแต่งกลิ่นด้วยเกลือแกงเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.9 การทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenization) นมถั่วเหลืองที่ผ่านการเติมแต่งด้วยสารดังกล่าวแล้วจะยังไม่รวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันและชวนดื่ม โดยเฉพาะด้านไขมันที่เติมลงไปก็จะถูกทำให้เป็นเม็ดเล็กๆ กระจายสม่ำเสมออยู่ในเนื้อนม โปรตีนที่อาจจับตัวเป็นก้อนเล็กๆ ก็จะถูกตีแตกให้กระจายเป็นเนื้อเดียวกันเช่นกันนมที่ผ่านการ Homogenized แล้วจะมีความข้นใส (Viscosity) เพิ่มขึ้นเล็กน้อย และมีรสชาดที่สม่ำเสมอกัน โดยตลอด การทำ Homogenization นี้ จะใช้เครื่อง Homogenizer ที่ความดันรวมประมาณ 3,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และอุณหภูมิที่ไม่ควรจะต่ำกว่า 70 °C

1.10 การฆ่าเชื้อ (heat treatment) นมถั่วเหลืองที่ได้จะผ่านการบรรจุในภาชนะบรรจุ ซึ่งอาจมีหลายแบบเช่นถุงพลาสติก ขวดแก้ว กล่องกระดาษ กระป๋อง เป็นต้น ทำให้อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อแตกต่างกันออกไป อย่างไรก็ตาม การทำการฆ่าเชื้อแบบที่เรียกว่า Sterilazation ในภาชนะเช่น ขวดแก้ว และกระป๋อง ส่วนในภาชนะบรรจุที่เป็นกล่องกระดาษที่เรียกว่า tetra brix มักใช้วิธีที่เรียกว่า UHT. คือจะใช้อุณหภูมิในช่วง 135 – 140 °C เป็นระยะเวลา 3 – 6 วินาที ซึ่งนมที่ผ่านการ Sterilization แบบที่กล่าวมาแล้วบรรจุในภาชนะที่ปิดสนิท จะสามารถเก็บในสภาวะปกติได้เป็นระยะเวลานาน ส่วนประกอบของนมถั่วเหลืองที่ทำโดยวิธี Water extract process เปรียบเทียบกับน้ำนมวัวมีดังตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 ส่วนประกอบของน้ำนมถั่วเหลืองเปรียบเทียบกับน้ำนมวัวใน 100 กรัม

ส่วนประกอบ	นมถั่วเหลือง	นมวัว
น้ำ	2.5 กรัม	87.0 กรัม
โปรตีน	3.4 กรัม	3.5 กรัม
ไขมัน	1.5 กรัม	3.9 กรัม
คาร์โบไฮเดรต	2.1 กรัม	1.9 กรัม
เถ้า	0.5 กรัม	0.7 กรัม
แคลเซี่ยม	21.0 มิลลิกรัม	118.0 มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	47.0 มิลลิกรัม	93.0 มิลลิกรัม
เหล็ก	0.7 มิลลิกรัม	0.1 มิลลิกรัม
Thiamine	0.09 มิลลิกรัม	0.04 มิลลิกรัม
Riboflavin	0.04 มิลลิกรัม	0.17 มิลลิกรัม
Niaoin	0.30 มิลลิกรัม	1.0 มิลลิกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1.1 แผนภูมิที่ 1 ขั้นตอนการทำน้ำนมถั่วเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่อง *Homogeniser*

↓

ที่ความดันรวม 3,000 psi

↓

บรรจุขวดหรือกระป๋อง

↓

ฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงที่ 120 ซ.

↓

ทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

ในด้านการโภชนาการและการแพทย์แล้วน้ำนมถั่วเหลืองมีคุณภาพด้อยกว่าน้ำนมของวัวอันเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปทั้งนี้เนื่องด้วยปัจจัยหลายด้านเช่น

1. โปรตีน ชนิดของโปรตีนมีอัตราส่วนของกรดอะมิโนที่มีปริมาณไม่ครบถ้วน เป็นไปตามความต้องการของร่างกาย กล่าวคือปริมาณของ Sulfur containing amino acids อันได้แก่ Methioninc และ Cystine อยู่ในปริมาณต่ำ ในการศึกษาทดลองวิจัยเพื่อเพิ่มคุณภาพของโปรตีนจากถั่วเหลืองในการเติมระดับของ Methionine ให้สูงขึ้นตามข้อแนะนำของ FAO ก็พบว่าคุณภาพของโปรตีนทางชีวเคมีประสิทธิภาพมากขึ้น และนั้นจากแนวความรู้อันนมาสู่การการทำผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองเองให้เกิดประโยชน์สมบูรณ์มากขึ้น การเสริมด้วย L- Methionine จึงเป็นวิธีการอันหนึ่งที่ถูกนำมาใช้กันโดยทั่วไป

2. ไขมัน เนื่องจากปริมาณไขมันในน้ำนมถั่วเหลือง ได้จากการสกัดโดยวิธีนี้มักจะมีปริมาณของไขมันต่ำกว่าน้ำนมวัว คือจะมีประมาณ 1 % เศษ ส่วนคุณภาพของไขมันก็นับว่ามีคุณภาพดีมาก คือมีกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย (Linolenic acid) แต่น้ำนมถั่วเหลืองจึงมีข้อเสียเปรียบในด้านปริมาณของไขมันที่มีอยู่ แต่ก็ได้เพิ่มเติมไขมันที่มีคุณภาพเข้าไปก็จะให้น้ำนมถั่วเหลอึงนั้นมีคุณภาพได้ใกล้เคียงนมวัวขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ไวตามิน และแร่ธาตุ จากตารางวิเคราะห์ 1.2 จะพบว่าน้ำนมถั่วเหลืองไวตามิน และแร่ธาตุโดยส่วนรวมน้อยกว่าในนมวัวมาก ทำให้มีผลต่อคุณภาพโดยทั่วไปของนมถั่วเหลืองเมื่อเปรียบกับน้ำนมวัว

2. วิธีทำให้เป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำ (Water emulsion method)

กรรมวิธีนี้ค่อนข้างจะเป็นกรรมวิธีที่เหมาะกับการใช้ในอุตสาหกรรมขนาดกลางและใหญ่มากกว่า เนื่องจากต้องการเครื่องจักรมากขึ้น ส่วนขั้นตอนจะคล้ายกับการทำแบบวิธีใช้น้ำสกัด(Water extract process) จะแตกต่างกันบ้างก็ขั้นตอนบางประการออกก่อน เลือกถั่วที่จะนำมาทำจะต้องผ่านทำความสะอาดแล้ว และแยกเอาเปลือกออก เหลือ แต่เนื้อถั่วเหลืองเดียว จากนั้นจะนำเนื้อถั่วไปอบน้ำที่อุณหภูมิ 165 ° C แล้วผ่านเข้าเครื่องรีดเป็นแผ่นบาง ๆ (Flaking) โดยให้ความหนาของแผ่นถั่วอยู่ราว 0.008 นิ้ว หรือบางกว่า จากนั้นพับเข้าหากันแล้วผ่านไปยังเครื่องทำให้เป็นอันเดียวกัน เช่นอาจเป็น Colloid mill หรือ Homogenizer ที่ความดับประมาณ 8,000 psi เสร็จแล้วจะผ่านไปยังเครื่องกรองน้ำที่ได้ออกแบบมาเพื่อจะไปผ่านการเติมแต่งให้เป็นไปตามสูตรที่ต้องการ และให้ความร้อนที่ 200 ° F นาน 10 นาที ก่อนจะนำไปบรรจุและฆ่าเชื้อหรือนำไปทำเป็นน้ำนมถั่วเหลืองโดยผ่านเครื่อง Spray drier

3. การทำน้ำนมถั่วเหลืองจากโปรตีน (Soy Protein Isolate)

การทำน้ำนมถั่วเหลืองโดยวิธีการใช้โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองนับเป็นวิธีการทำนมถั่วเหลืองที่มีคุณภาพสูง และได้มีการนำเอาวิธีการนั้นมาใช้ในด้านอุตสาหกรรมบ้าง แล้ว เช่น ในประเทศสหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น เป็นต้น ทั้งนี้เพราะในประเทศดังกล่าวได้มีการพัฒนาด้วนเทคโนโลยีการใช้ถั่วเหลืองไปอย่าง รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพสูง ทำให้รูปแบบของผลผลิตประเภท SPT หาได้ง่ายในท้องตลาด อีกทั้งเราตกต่ำก็ให้เกิดความเป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์ อุตสาหกรรมของการนำไปใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่อเนื่อง เช่น นอกจากนำไปใช้ในการทำเป็นน้ำนมถั่วเหลืองแล้วยังสามารถนำไปใช้ทำเป็นผลผลิตภัณฑ์ประเภท เต้าหู้ ไอศกรีม Yogurt ครีมผงผสมกาแฟ เป็นต้น คุณสมบัติ ของ SPI ที่เหมาะในการใช้กำผลิตภัณฑ์ดังกล่าว จะต้องถูกเตรียมขึ้นโดยเฉพาะและมีค่าการละลายตัวสูง

ในการเอาถั่วเหลืองมาใช้ทำเป็นน้ำนมถั่วเหลืองนั้น อาจทำได้โดยการนำเอา SPI มาละลายในน้ำที่อุณหภูมิ 50 – 55 ° C กวนจนละลายหมด จากนั้นจึงเติมสารปรุงแต่งประเภทน้ำตาล ไขมัน และผสมให้เข้าโดยให้ความร้อนที่ 60 ° C และรักษาระดับความร้อนนี้ไว้ประมาณ 30 นาที พร้อมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กวนที่สม่ำเสมอเสมอ จากนั้นจึงผ่านเข้าเครื่องทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenizer) ที่ความดัน 2 ขั้นตอน แรก 2,500 ปอนด์ ขั้นตอนที่สอง 500 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว จากนั้นก็ทำให้เย็นลงทันทีอุณหภูมิ 5 $^{\circ}$C

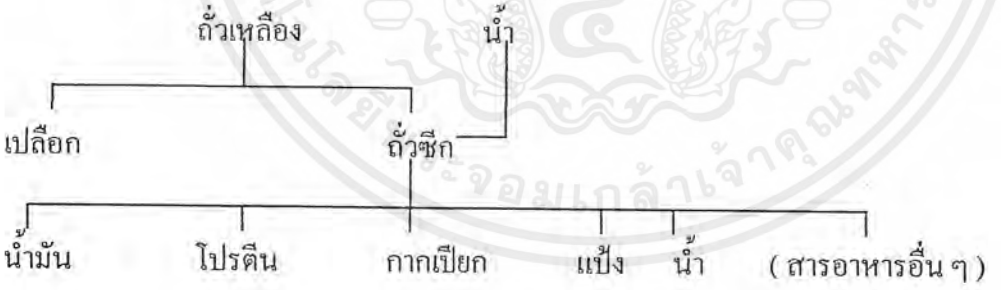
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กรรมวิธีการผลิต

ขบวนการผลิตเริ่มจากการนำเมล็ดถั่วเหลือง ที่ซื้อจากตามตลาดทั่วไป จะมีทั้งแบบผ่าซีกและแบบเป็นเมล็ด (ดังรูปที่ 2.1) ถ้าแบบผ่าซีกแล้วจะสะดวกในการทำ โดยจะไม่ต้องแยกเอาเปลือกออกเหมือนแบบเมล็ด แต่ราคาจะต่างกันประมาณ กิโลกรัมละ 1-2 บาท

หลังจากนั้นนำมาแช่น้ำ 3- 4 ชั่วโมง แล้วล้างให้สะอาดแยกเอาเปลือกออก สิ่งแปลกปลอมหรือสิ่งสกปรกออกต่อจากนั้นนำมาใส่ในถังบน (ดังรูป 3.1) โดยมีอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อถั่วเหลือง 10 : 1 เมื่อเริ่มเดินเครื่องให้เปิดแผ่นเลื่อนออก น้ำกับถั่วเหลืองจะไหลผ่านลงมายังเครื่องโม่ ซึ่งถั่วเหลืองจะถูกบด พร้อม กับคลุกเคล้าไปกับน้ำ ออกมาเป็นถั่วเหลืองบดพร้อมกับน้ำนมถั่วเหลือง โดยน้ำนมถั่วเหลือง ที่ได้จะนำสู่กระบวนการกรองโดยชุดกรองจากนั้นจึงไปสู่กระบวนการต้มด้วยชุดต้ม ด้วยชุดต้มที่อุณหภูมิทางออกหลังจากต้มประมาณ 80 ° C ซึ่งสามารถฆ่าเชื้อโรคให้ตายได้ และเปลี่ยนแปลงรสชาติกับกลิ่นของน้ำนมถั่วเหลืองที่ได้ พร้อมบริโภคดื่ม



รูปที่ 2.1 แผนภูมิส่วนประกอบของน้ำนมถั่วเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ผลิตภัณฑ์อาหารจะได้รับความร้อนจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งแบ่งได้เป็น

2.2.1 <u>เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น</u>

นิยมใช้กันมากในอุตสาหกรรมนมและเครื่องดื่ม ซึ่งเป็นแผ่นเหล็กปลอดสนิมบาง ๆ หรือแผ่นไทเทเนียม ซึ่งทนต่อสนิมได้อย่างดี เอาจัดให้เกิดส่วนนูนส่วนเว้า เพื่อให้ของเหลวไหลแบบเทอร์บูเลนซ์ (Turbulence) ซึ่งช่วยให้การถ่ายเทความร้อนดีขึ้นวางประกบกันหลาย ๆ แผ่นยึดแน่นด้วนปะเก็น ซึ่งทำจากยางธรรมชาติหรือยางสังเคราะห์เพื่อป้องกันของเหลวผสมกัน ซึ่งอาจจะไหลขนานกันหรือสวนทางกันก็ได้ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นจะเหมาะสำหรับอาหารเหลวที่มีความหนืดต่ำและถ้ามีอนุภาคของแข็งอยู่ เส้นผ่านศูนย์แบบแผ่นจะเหมาะกับความร้อน ซึ่งอาจจะไหลขนานกันหรือสวนทางกันก็ได้ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นจะเหมาะสำหรับอาหารเหลวที่มีความหนืดต่ำและถ้ามีอนุภาคของแข็งอยู่ เส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคควรน้อย 0.3 เซนติเมตร ถ้าอนุภาคใหญ่เกินจะเกิดติดอยู่ระหว่างแผ่นก่อให้เกิดการไหม้ (burn on) ที่ส่วนให้ความร้อนนั้นก็ได้ ข้อควรระมัดระวังในการใช้เครื่องชนิดนี้คือ ของเหลวที่ตกค่างบนผิว เช่น โปรตีนนม อาจก่อให้เกิดตะกรันขึ้น ซึ่งทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนลดลงรวมทั้งความดันลดลงด้วย ซึ่งทำให้กระบวนการต้องหยุดชะงักลง เพื่อทำความสะอาดแผ่น

ข้อดี ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น ก็คือ สามารถถอดเป็นแผ่น ๆ ออกมาทำความสะอาดได้ทั่วถึง การบำรุงรักษาง่าย และสามารถปรับปริมาณ การถ่ายเทความร้อนได้โดย

2.2.2 <u>เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบใส่ไอน้ำเข้าไป</u>

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนนี้ จะมีการสัมผัสโดยตรงระหว่างไอน้ำ และผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ที่อยู่สถานะของเหลวจะถูกปั๊มขึ้นไปยังส่วนบนของเครื่องและขั้วไหลลงมาในลักษณะแผ่นบาง ๆ มีส่วนให้ความร้อน ความหนืดของผลิตภัณฑ์จะเป็นตัวกำหนดขนาดของตัวแผ่(Spreader) แล้วผลิตภัณฑ์ที่มีของแข็งปนอยู่บ้าง เช่นผัก เนื้อ หรือข้าวอยู่ก็สามารถใช้ตัวแผ่ที่ออกแบบมาโดยพิเศษ อัตราการถ่ายเทความร้อนจะสูงเมื่อไอน้ำสัมผัสกับหยดเล็ก ๆ ของอาหารทำให้อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการควบแน่นของไอน้ำ ผลิตภัณฑ์ที่ร้อนขึ้นกับไอน้ำที่ควบแน่นจะออกจากเครื่องทางด้านล่าง โดยปริมาณ ของเหลว จำนวนหนึ่งอยู่ที่ด้านล่าง ของเครื่องเพื่อให้ได้การต้มตามต้องการ น้ำที่เพิ่มขึ้นจากการควบแน่นของไอน้ำบางครั้งเป็นสิ่งที่ต้องการ ในกรณีที่กระบวนการทั้งหมดต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้นเพิ่มขึ้น แต่เราสามารถจำกัดออกไปโดยการ " flashed off " โดยปุ่มเหลวร้อนนี้เข้าไปในระบบทำได้เย็นภายใต้สูญญากาศ ปริมาณน้ำดังกล่าวนี้สามารถคำนวณได้ โดยวัดอุณหภูมิที่เข้าสู่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน และอุณหภูมิของผลผลิตที่ออกจากเครื่องทำให้เย็นภายใต้สูญญากาศเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้ นิยมใช้ในการต้มหรือฆ่าเชื้ออาหารหลายชนิด เช่น ซุปเข้มข้น ช็อคโกแลต และนม เป็นต้ม

2.2.3 เครื่องผลิตน้ำนมถั่วเหลืองของไต้หวัน

โดยถั่วเหลืองและน้ำจะถูกบดโดยโม่หินจากนั้นจะไหลเข้าไปยังถังความดัน และกากจะถูกแยกออกอีกช่องทางหนึ่ง โดยถังความดันจะมีคอยส์ (Coil)ให้ความร้อน โดยคอยส์จะได้ความร้อนจากหม้อต้ม โดยหม้อต้มจะได้ความร้อนจาก heater อีกที ถังความดันจะถูกให้ความร้อนเพื่อที่จะต้มน้ำนมถั่วเหลือง เมื่อต้มน้ำนมถั่วเหลืองจนสุก น้ำนมถั่วเหลืองจะไหลออกทางวาล์วของน้ำนมถั่วเหลือง ซึ่งราคาของเครื่องจะมีราคาค่อนข้างที่จะแพงพอสมควร

2.3 ขบวนการพาสเจอร์ไรส์น้ำนม

การพาสเจอไรส์ เป็นหัวใจสำคัญในการผลิต ผลิตภัณฑ์ประเภท fluid milk products ชื่อของขบวนการตั้งขึ้นตามชื่อของนักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส Louis Pasteur ซึ่งได้ทำการทดลองและค้นพบว่าเมื่อทำให้เหล้าไวส์ร้อนถึงอุณหภูมิที่ต่ำกวาจุดเดือด (122 – 140 °f) แล้วจะสามรรถเก็บรักษาไว้นานและต่อมาก็ได้ใช้วิธีดังกล่าวกับน้ำนมเพื่อสามารถขนส่งไปจำหน่ายได้โดยไม่เสียการพาสเจอร์ไรส์ได้มีชีวิตวิวัฒนาการเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน

2.3.1 มาตรฐานการพาสเจอไรส์

มาตรฐานของการพาสเจอร์ไรส์นั้น ประกอบด้วย การทำให้ทุกอนุภาคของน้ำนมได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 143 ° F นาน 30 นาที จุดประสงค์เพื่อทำลายจุลินทรีย์ พิษ (pathogens) และเอนไซน์ในน้ำนม ซึ่งอาจจะทำลายคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาด้วย การพาสเจอร์ไรส์ต้องไม่ทำให้เกิดการเสียหายของผลิตภัณฑ์ เป็นต้นว่าการตกตะกอน ของนมเปลี่ยนเป็นน้ำตาล และอื่น ๆ

ในปัจจุบันได้นิยมการพาสเจอร์ไรส์ 160 °F นาน 15 นาที ซึ่งเรียกว่า วิธี Flash pasteurization หรือวิธี High – temperrsture – short – time การพาสเจอร์ไรส์ทำลายจุลินทรีย์น้ำนมได้ประมาณ 95 – 99 % ในขณะที่การพาสเจอไรส์ทำลายได้ทั้งหมด ประสิทธิภาพของการทำลายจุลินทรีย์ขึ้นกับความสัมพันธ์ขึ้นกับความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ ดังจะเห็นได้จากตารางที่ 2.1 ซึ่งแสดงสภาวะของพาสเจอร์ไรส์ ต่าง ๆ กัน 7 แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาของการพาสเจอไรส์นม

อุณหภูมิ		เวลา	
$^{\circ}$ F	$^{\circ}$ C		
145	62.8	30	วินาที
161	72.7	15	วินาที
191	88	1	วินาที
194	13	0	วินาที
201	90.0	0.5	วินาที
204	93.9	0.1	วินาที
212	95.6	0.05	วินาที
	100.0	0.01	วินาที

2.3.2 <u>ประเภทของขบวนการพาสเจอร์ไรส์น้ำนม</u> การพาสเจอร์ไรส์น้ำนมที่แพร่หลายมีอยู่ 3 ประเภทด้วยกัน คือ

ก. Batch process หรือ Holding pasteuzation

เป็นวิธีที่ทำมานาน แล้ว เครื่องมือเครื่องใช้เป็นเหล็กปลอดสนิมสองชั้น ความจุประมาณ 200 – 1,500 ลิตร ไอน้ำ หรือน้ำร้อนจะไหลเวียนอยู่ระหว่างชั้นที่สอง ประกอบด้วยเครื่องกวนทำงานด้วยมอเตอร์ ขณะพาสเจอร์ไรส์เพื่อใหถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำนมได้รวดเร็วและสม่ำเสมอตอลดเวลา น้ำนมดิบในถังจะทำให้ร้อนถึง 145 $^{\circ}$F นานา 30 นาที วิธีนี้เหมาะสมกับเมื่อมีปริมาณ นมดิบน้อยขั้นตอนในการทำให้ร้อน และเย็นลงนั้น ดำเนินการอยู่ในเครื่องเดียวกัน แต่มีข้อเสียคือ ดำเนินการอยู่ในเครื่องเดียวกัน แต่มีข้อสงสัย คือ ไม่สามารถนำพลังงานมามาใช้หมุนเวียนได้

ข. High temperature short time (HTST)

เป็นวิธีแบบต่อเนื่อง โดยใช้ให้นมดิบไหลผ่านแผ่นโลหะที่วางซ้อนกันมากนาน น้ำนมที่ผ่านเข้าไปจะถูกทำให้ร้อนถึง 161 $^{\circ}$F นาน 15 นาที และทำให้เย็นลง อย่างรวดเร็ว แผ่นเหล็กที่ใช้ถ่ายเท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ความร้อนและความเย็น เรียกว่า Plate hreat exchanger (ดังแสดงในรูปที่ 5 ผิวของแผ่นโลหะปลอดสนิมแต่ ละแผ่นจะแตกต่างกัน เช่น เป็นร่องลูกฟูก เส้นทะแยง เป็นรูปตัววี และเป็นปุ่มเล็ก ๆ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ใน การควบคุมการไหลผ่านแผ่นเหล่านี้แบบ turbulent flow และเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสำหรับถ่ายเทความร้อน ทุกอนุภาคเพิ่มพื้นที่ผิวสำหรับถ่ายเทอย่าง

2.4 การทำความสะอาดเครื่องผลิตน้ำนมถั่วเหลือง

ผลผลิตโดยมวลและการกระจายตัวของนมและผลิตนม หมายถึง การรวมเป็นปริมาณมากของเงินที่เป็นความเสี่ยงที่ข้อผิดพลาดเพียงอย่างเดียวในการทำความสะอาด สามารถนำไปสู่การเน่าเสียในปริมาณ มาก ๆ การปฏิเสธซึ่งประกอบด้วยแร่ธาตุ และสารอินทรีย์บางส่วนขององค์ประกอบของนมจะถูกดูดซึมเข้าไปในผิวส่วนมากจะหลงเหลือติดอยู่ที่ผิว

2.4.1 น้ำ

คุณภาพของน้ำองค์ประกอบหนึ่งที่ถูกมองข้ามบ่อย ๆ น้ำที่ใช้การทำความสะอาดควรจะดื่มได้ นั่นคือ จะไม่มีส่วนประกอบทางเคมีในจำนวนที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ การเตรียมสารละลายของน้ำยาล้างน้ำควรที่จะผสมเจือจางถ้ามีการก่อตัวในขณะที่ต้มน้ำยาล้างนั้นจะไม่เหมาะสม ในหลายกรณีที่สารละลายจะกลายเป็นหมอกในขณะที่ให้ความร้อนถึงแม้จะไม่จำเป็นที่จะชี้เห็นว่าน้ำยาล้างนั้นไม่เหมาะสมซึ่งของมันที่จะสังเกตอย่างระมัดระวังขณะที่ตกตะกอนเป็นสีขาวเทาซึ่งจะจับตัวที่สแตนเลส

2.4.2 ผงซักฟอก

เป็นอุปกรณ์ที่จะช่วยตลอดการทำงานที่จะทำความสะอาด ผงซักฟอกที่ดีควรที่จะละลายในน้ำได้ดี และไม่กัดกร่อนผิวโลหะและเป็นการประหยัด และไม่เป็นพิษและลดผลทางชีวะอนามัย ในขณะนี้ยังไม่มีการพัฒนาเพื่อที่จะสามารถเป็นน้ำยาล้างได้ทุกประเภท

2.4.3 การฆ่าเชื้อโรค

การฆ่าเชื้อโรค คือองค์ประกอบทางเคมี ซึ่งจะถูกทำลดลงเพื่อที่จะไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและคุณภาพของผลิตภัณฑ์

- **การสเตอริไรซ์จะถูกใช้เพื่อทำการฆ่าเชื้อเพราะเป็นการทำลายสิ่งมีชีวิตรวมทั้งแบคทีเรียและรวมทั้งไม่ให้ไวรัสทำปฏิกิริยาได้**

การฆ่าเชื้อโรคควรพิจารณาดังนี้

- พิจารณาสุขอนามัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
36740

- ความเป็นพิษ
- สามารถละลายน้ำในน้ำได้
- ไม่เป็นพาหะในมนุษย์
- ควรที่จะประหยัดและมีการก่อตัวที่คงตัว
- ควรที่จะไม่กัดกร่อนผิวโลหะ
- สามารถทำความสะอาดได้

ซึ่งประสิทธิภาพของการฆ่าเชื้อโรคจะขึ้นกับความเข้มข้น อุณหภูมิ และเวลา

2.4.4 ไอน้ำ

สามารถใช้ในความดันบรรยากาศปกติจะใช้เวลา 10 –15 นาที หลังจากควบแน่น ที่อุณหภูมิ 85 $^{\circ}$C ซึ่งไอน้ำจะสามารถฆ่าเชื้อโรคได้ดีแต่ไม่สะดวกในการใช้รวมทั้งมีราคาแพง

2.4.5 น้ำร้อน

น้ำร้อนสามรรถให้ไหลผ่านเป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 85 $^{\circ}$C หรือ 20 นาที ทีอุณหภุมิ 80 $^{\circ}$C

2.4.6 การทำความสะอาดภายในท่อขด

การทำความสะอาดในท่อขดซึ่งจะมีคราบนมติดอยู่ที่ผิวของท่อ ดังนั้นจะต้องล้างด้วยกรดไนตริกผสมกับน้ำเข้มข้น 1 % อย่างน้อยครั้งหนึ่ง จากนั้นล้างด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ผสมกับน้ำเข้มข้น 1 % อย่างน้อย 2 –3 รอบ ต่อจากนั้นล้างด้วยน้ำร้อน 2 –3 ครั้ง

2.4.7 การทำความสะอาดส่วนอื่น ๆ ของเครื่อง

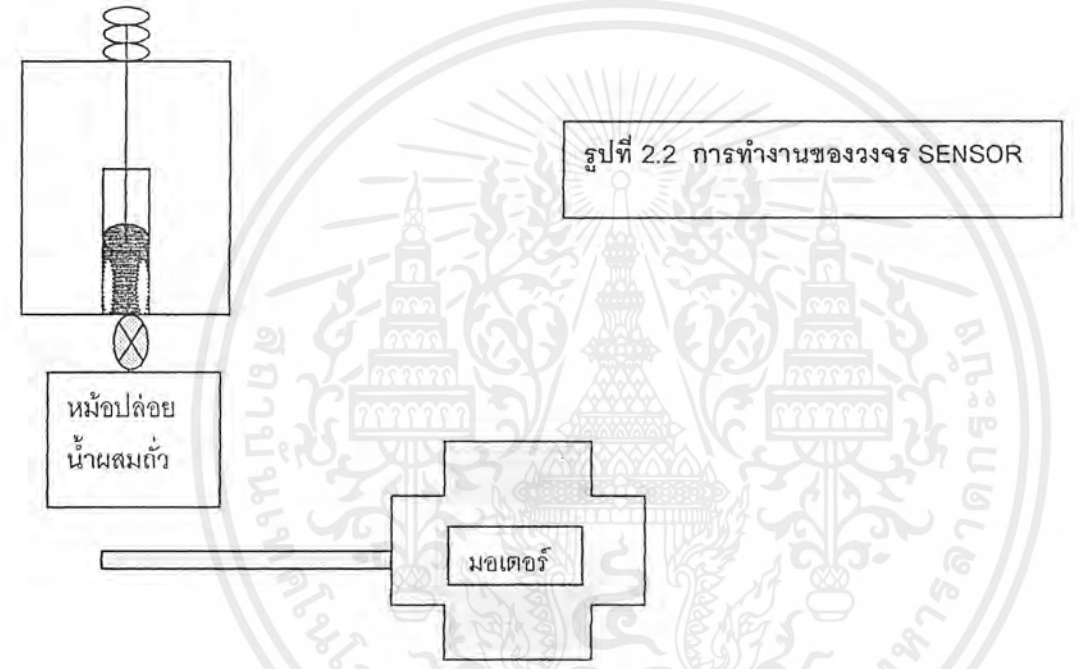
เราสามารถที่จะใช่น้ำยาทำความสะอาด หรือผงซักฟอกทำความสะอาดส่วนของเครื่องที่ไม่เกี่ยวกับกระบวนการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองได้ เช่น โครงเหล็กของเครื่องเป็นต้น

2.5 วงจรควบคุมอัตโนมัติ (SENSOR)

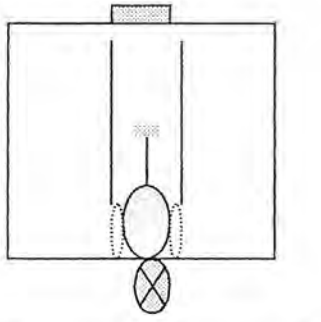
จะทำหน้าที่ในการควบคุมปริมาณการส่งน้ำนมถั่วเหลืองเข้าไปยังหม้อต้มหลังจากที่ได้รับมาจากชุดกรองตามลำดับ มีเพราะสาเหตุจากการที่อัตราการไหลของน้ำนมถั่งเหลืองจากชุดกรองมีมากกว่าการส่งออกจากหม้อต้ม ถ้าไม่ควบคุมระบบการทำงานแบบอัตโนมัติจะทำให้เกิดการล้นของน้ำนมถั่วเหลืองได้ ซึ่งวงจร SENSOR จะอยู่ที่หม้อลูกลอยโดยอาศัยการลอยของลูกลอยเป็นหลักในวงจรควบคุม โดยเมื่อระดับปกติแล้วลูกลอยจะตกมาโดยน้ำหนักของตัวมันเอง แต่เมื่อน้ำนมถั่วเหลืองเข้ามามาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

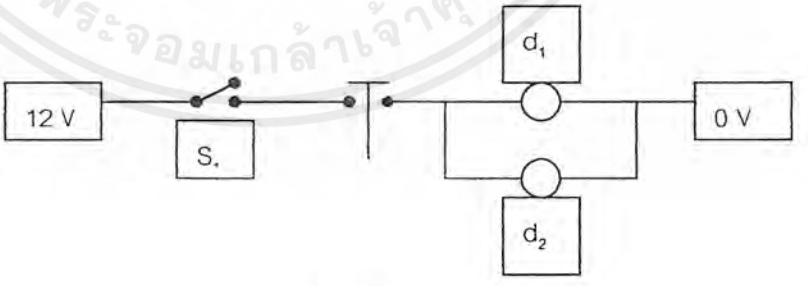
จนถึงระดับที่ยกลูกลอยขึ้นแล้วถึงจุดสูงสุดลูกลอยจะดันส่งสัญญาณไปที่วงจร SENSOR ให้ตัดระบบการทำงานทั้งหมดของระบบคือ ตัดการทำงานที่วงจรมอเตอร์, ชุดกรองและชุดโม่ ปิดการจ่ายน้ำ-จ่ายถั่วเหลืองที่หม้อใบบน หลังจากที่ระบายน้ำออกจากหม้อต้มไปได้ที่ระดับหนึ่งแล้ว เมื่อลูกลอยตกก็จะเปิดระบบการทำงานทั้งหมดใหม่อีกครั้ง ทำงานเช่นนี้ไปเป็นรอบเรื่อย ๆ ของหม้อลูกลอยจนถั่วเหลืองหมดจึงจบกระบวนการทำงาน

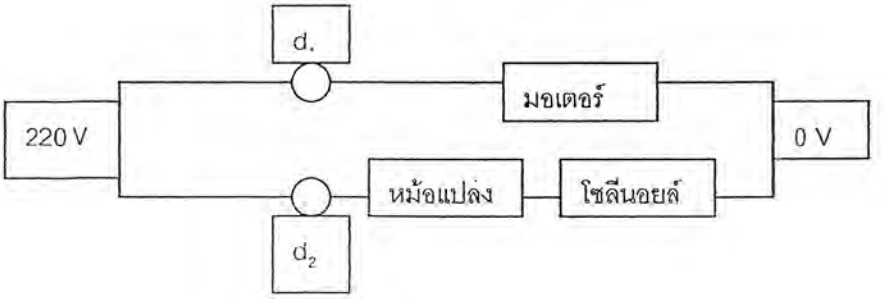


รูปที่ 2.2 การทำงานของวงจร SENSOR



ชุดหม้อต้มส่วนลูกลอย



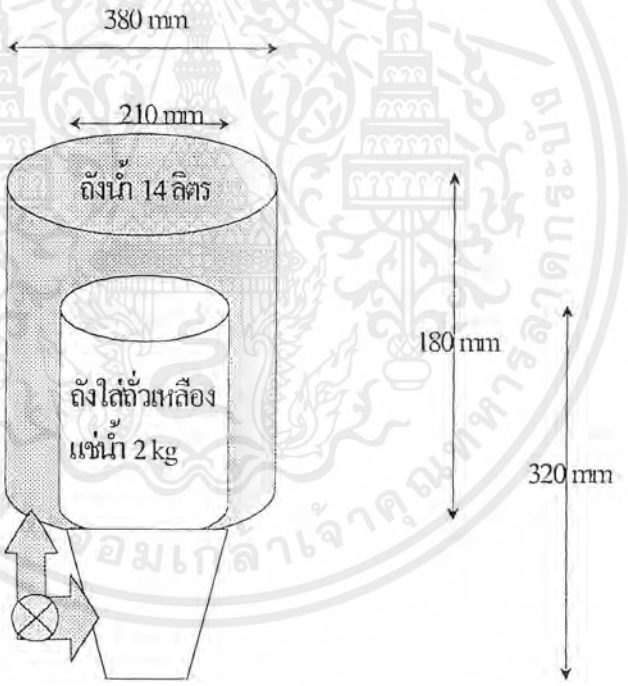


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การคำนวณการสร้าง

3.1 ถังน้ำและถังพักถั่วเหลือง

ถังน้ำจะทำจากสแตนเลสจะวางอยู่บนสุด แล้วจะมีวาล์วคอยปรับปริมาณน้ำที่ไหลออกให้สัมพันธ์กับปริมาณน้ำถั่วเหลืองที่ใส่ไว้ภายในกับกรวยป้อนถั่วเหลือง โดยปริมาณของน้ำเท่ากับ 14 ลิตร ปริมาณถั่วแช่น้ำแล้ว 2 กิโลกรัม ต่อ 1 รอบ ซึ่งจะได้อัตราส่วนผสมของ น้ำ : ถั่วเหลือง เท่ากับ 10 : 1 การเปิดวาล์วที่ 90 องศา จะได้ อัตราการไหลของ 0.66 ลิตร/นาที

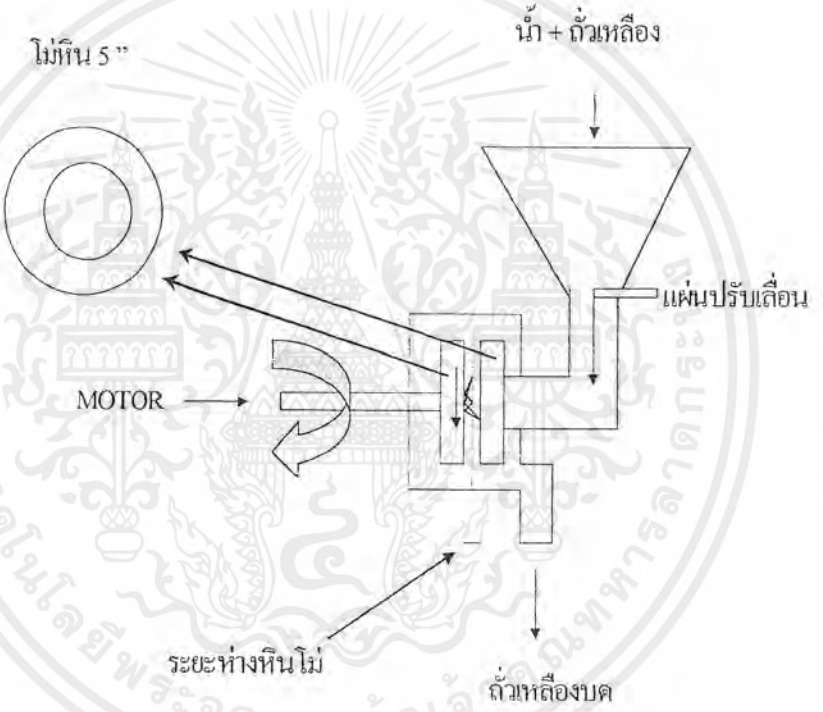


รูปที่ 3.1 ถังน้ำและกรวยป้อนถั่งเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ชุดโม่

ชุดโม่ประกอบด้วยจานหิน 2 จาน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว โดยจานหนึ่งยึดติดกับฝาปิดขยับเข้าชิดกับจานหินที่อยู่กับที่ โดยการขยับแกนเพลา เพื่อให้สามารถบดถั่วให้ละเอียดโดยได้รับกำลังขับจากสายพานโดยใช้ความเร็วโม่หินเท่ากับ 1200 รอบต่อนาที (ดังรูปที่ 3.2)



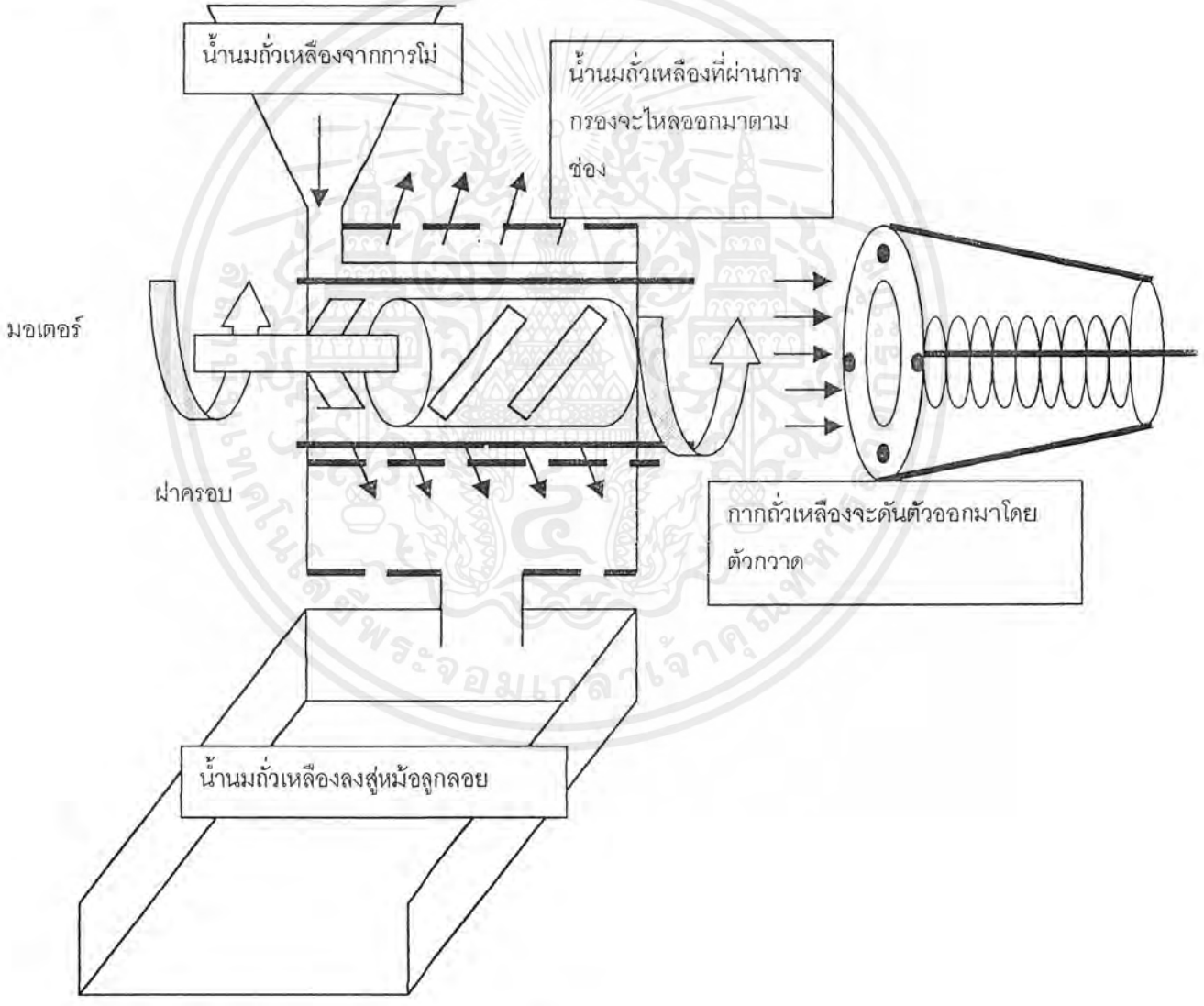
รูปที่ 3.2 ชุดโม่

3.3 ชุดกรอง

ชุดกรองประกอบไปด้วยกรวยป้อน เกลียวอัด ตะแกรงแยกกาก และแผ่นควบคุมการไหลของกาก ตะแกรงแยกกาก เป็นทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 14 ซม. ยาว 22 ซม. รูตะแกรงแยกกากประมาณ 5 มม. ภายในบุด้วยด้วยตะแกรงสแตนเลสขนาด 120 เม็ช. เพื่อกรองแยกกากถั่วออก

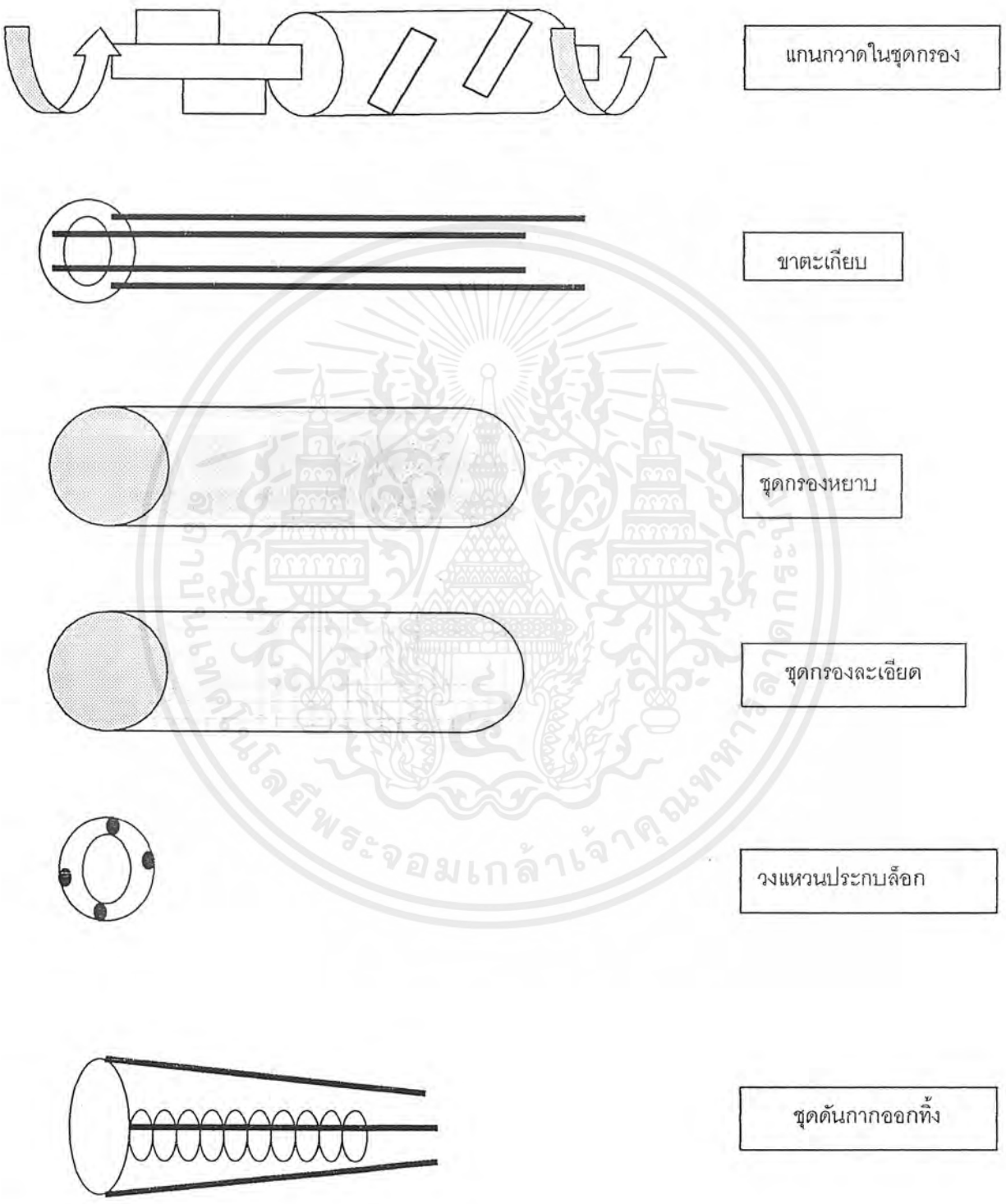
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากน้ำนมถั่วเหลือง ภายในตะแกรงทรงกระบอกมีชุดเกรียวอัดลำเลียงกากทำด้วยสแตนเลสยึดติดกับใบกวาดลำเลียง โดยวางเอียงทำมุม 16 องศา ที่ปลายทางออกของตะแกรงจะมีแผ่นควบคุมการไหลของกากขนาด 12 ซม. ปิดหน้าแปลนยึดตะแกรงกรองการควบคุมการไหลกาก และความแห้งของกาก สามารถทำโดยการปรับแรงดันของสปริงที่ติดอยู่ที่แผ่นควบคุมการไหลของกาก ส่วนน้ำนมถั่วเหลืองจะไหลลงสู่ถาดพื้นเอียงลงสู่ภาชนะรองรับต่อไปโดยความเร็วรอบของชุดกรองที่ 720 รอบต่อนาที (ดังรูปที่ 3.3)



รูปที่ 3.3 ชุดกรองลักษณะการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

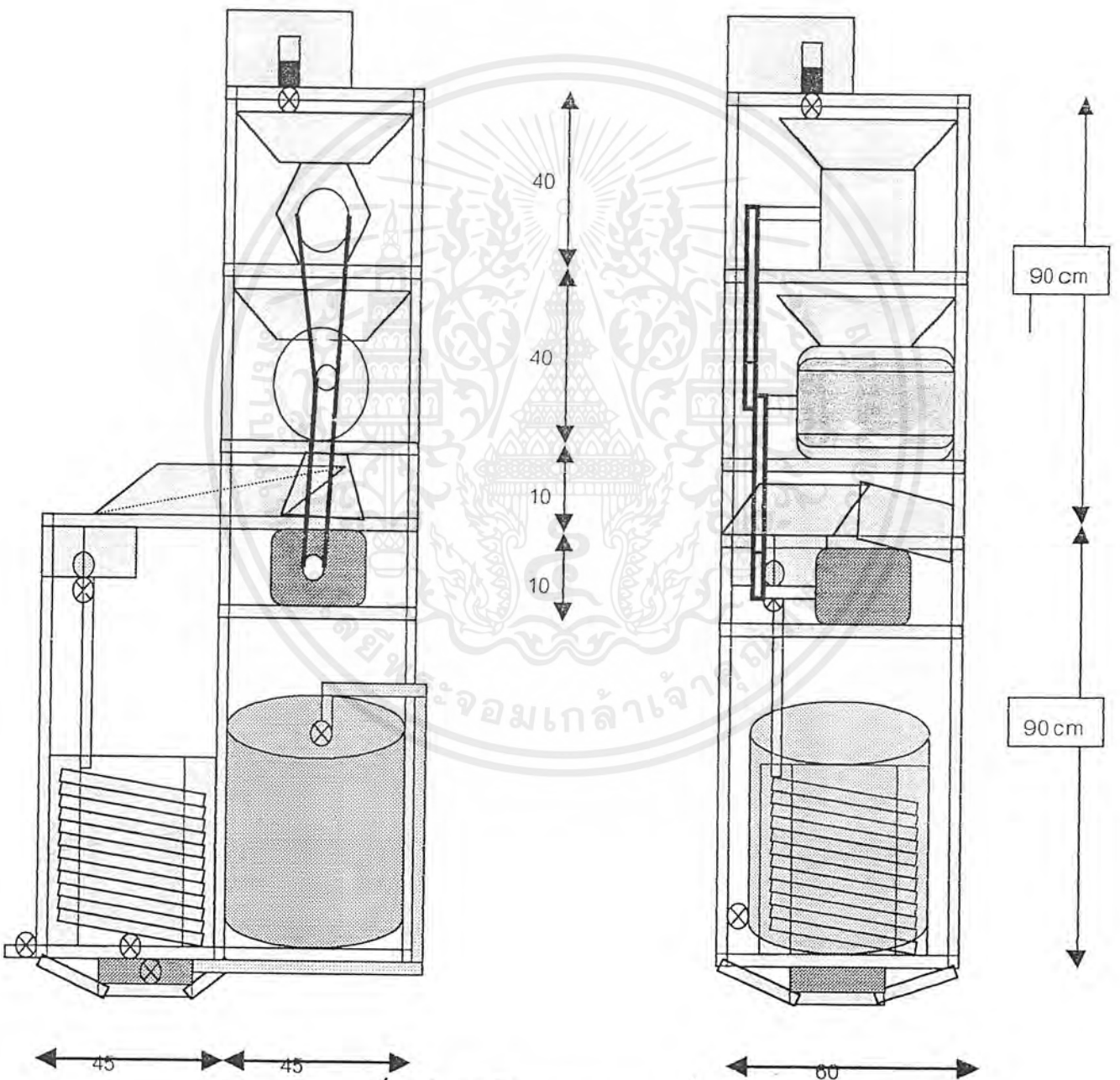


รูปที่ 3.4 ส่วนประกอบชุดกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 เหล็กแป็บแบนสำหรับทำโครงสร้าง

ซึ่งกำหนดขนาดไว้ กว้าง 600 mm ยาว 450 mm สูง 1800 mm ที่ฐานติดล้อสำหรับสะดวกการเคลื่อนที่ จำนวน 4 ล้อ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว



รูปที่ 3.5 โครงสร้างและขนาดของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 มอเตอร์

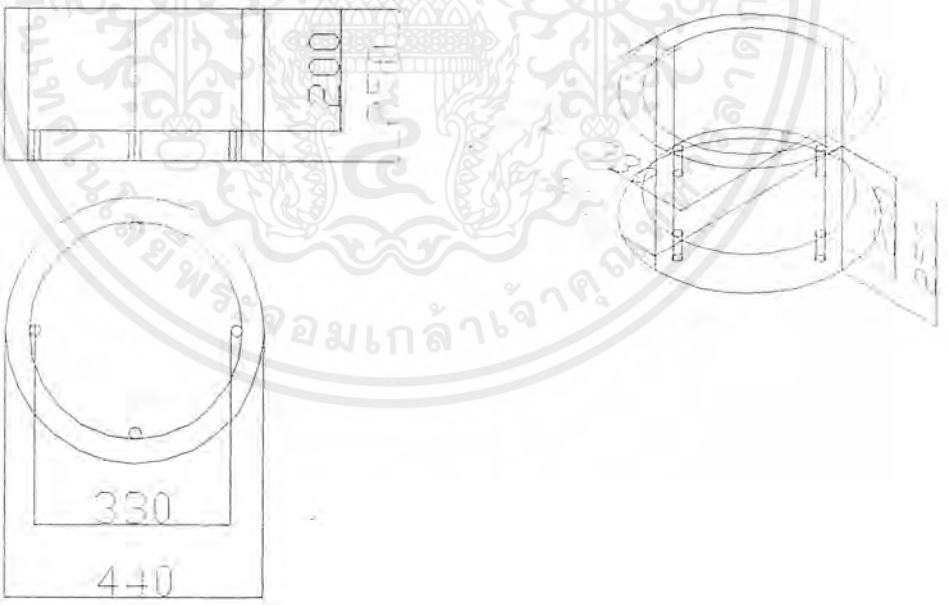
เลือกใช้มอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า ใช้ไฟกระแสตรง (DC) ความเร็วรอบ 1440 รอบต่อนาที เพื่อใช้ขับชุดโม่ และชุดกรอง

3.6 ถังแก๊สและหัวแก๊ส

ถังแก๊สจะวางอยู่ด้านนอกของโครงเหล็ก ส่วนหัวแก๊สจะวางอยู่ด้านข้างใต้ของชุดต้ม และมีสายแก๊สต่อจากถังไปยังหัวแก๊ส

3.7 ชุดต้ม.

ชุดต้มประกอบไปด้วย หม้อลูกลอยรองรับน้ำนมถั่วเหลืองมีปริมาตรประมาณ 7 ลิตร ท่ออลูมิเนียมยาว 18000 mm เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 3/8 นิ้ว ถังน้ำสแตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 400 mm สูง 600 mm มีฝาปิดเจาะรูขนาดเล็ก 1 รู ในการต้มน้ำจะต้มจนถึงอุณหภูมิ 96 องศา ภายในเวลา 15 นาที แล้วลดอุณหภูมิมาที่ 90 องศา (ค่าเปลี่ยนแปลง 5 องศา)



รูปที่ 3.6 ขนาดของชุดหม้อต้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

<u>การทดลองที่ครั้งที่ 1.</u> หาระยะความสูงของท่อส่งก่อนเข้าหม้อต้ม

<u>จุดประสงค์การทดลอง</u>

1. เพื่อหาระยะที่เหมาะสมระหว่างหม้อลูกลอยกับหม้อต้มเพื่อให้ได้อัตราการไหลออกของน้ำนมถั่วเหลืองจากหม้อต้มให้ได้ 0.5 ลิตรต่อนาที (ให้เป็นความเร็วคงที่ ในการทดลอง)

<u>ทฤษฎี</u>

- จะกฎข้อที่ 1. ทางเทอร์โมไดนามิกส์ สำหรับระบบที่มีการไหลอย่างสม่ำเสมอ

$$PE_1 + KE_1 + W_{f1} + U_1 + Q = PE_2 + KE_2 + W_{f2} + U_2 + W_2$$

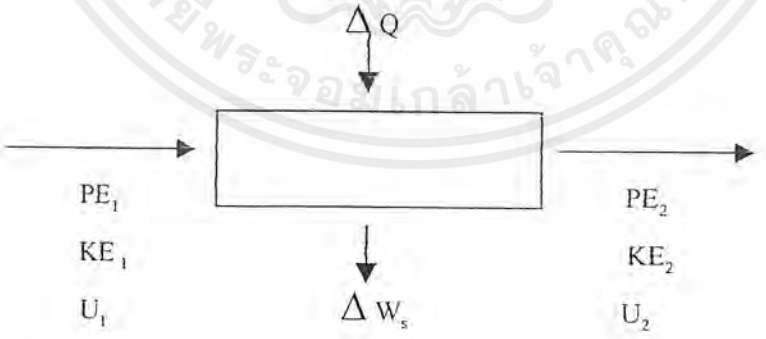
เมื่อ Q = ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเท

ΔU = การเปลี่ยนแปลงพลังงานภายใน

ΔKE= การเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์

ΔPE = การเปลี่ยนแปลงพลังงานศักย์

W_s = งานของระบบที่มีการไหลอย่างสม่ำเสมอ



<u>วิธีการทดลอง</u>

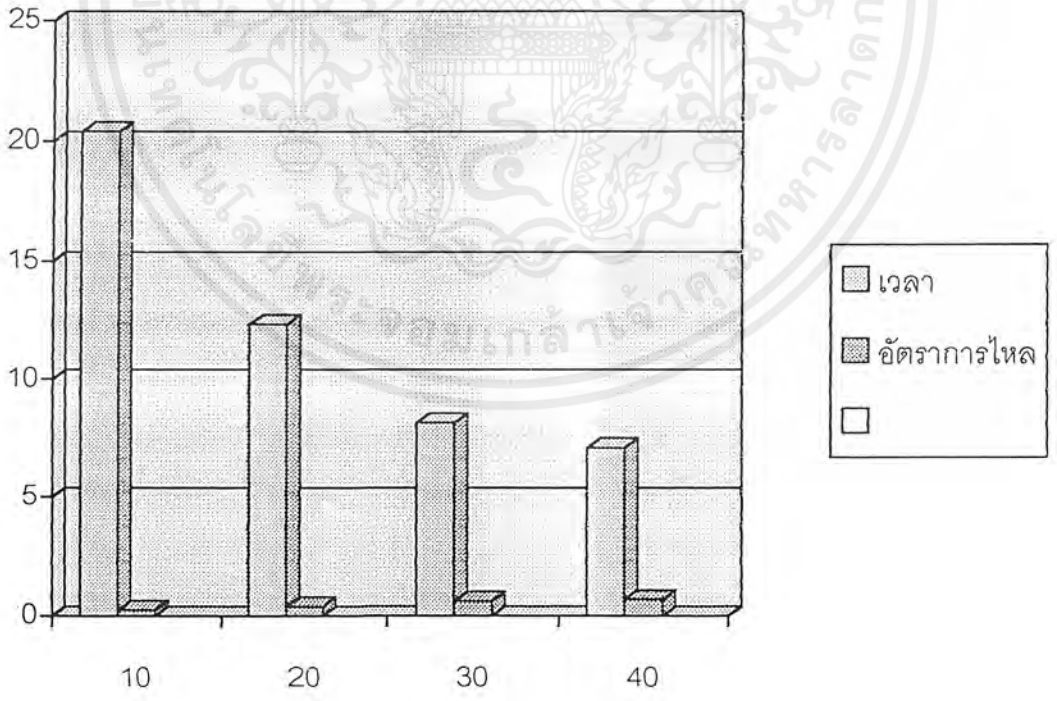
1. ต้มชุดหม้อต้ม (แลกเปลี่ยนความร้อน) ที่อุณหภูมิ 90° C
2. เปลี่ยนระยะความห่างของลูกลอยจาก 10 cm, 20 cm, 30 cm และ 40 cm ตามลำดับ
3. เติมน้ำนมถั่วเหลืองดิบครั้งละ 5 ลิตรของแต่ละระดับความสูงตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. จับเวลาตั้งแต่เริ่มเปิดวาล์ว ให้น้ำนมถั่วเหลืองไหลออกจนหมดในแต่ละระดับความสูง บันทึกผลการทดลอง
5. วัดอุณหภูมิที่ทางเข้า และทางออกของหม้อต้ม บันทึกผลการทดลอง

ผลการทดลอง

ระดับความสูง (เซนติเมตร)	เวลา (นาที)	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)	อุณหภูมิเข้า (เซลเซียส)	อุณหภูมิออก (เซลเซียส)	ลักษณะทั่วไป
10	20.41	0.245	28	80.4	ไหลช้ามาก
20	12.35	0.389	28	80.4	ไหลช้า
30	8.14	0.614	28	80.4	ไหลพอสมควร
40	7.08	0.701	28	80.4	ไหลพอสมควร



รูปที่ 4.1 ผลการทดลองที่ 1.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

- เลือกความสูงที่ 30 cm. จะได้อัตราการไหลเป็นไปตามต้องการ ลักษณะการไหลต่อเนื่องไม่มีฟองอากาศเกิดขึ้น และจะได้ระยะที่สั้นที่สุด

การทดลองที่ 2. หาอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้ในการต้ม

จุดประสงค์การทดลอง

- เพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ทำให้ได้น้ำนมถั่วเหลืองที่ดีที่สุดเหมาะกับการขายและ อัตราการไหลที่ดี

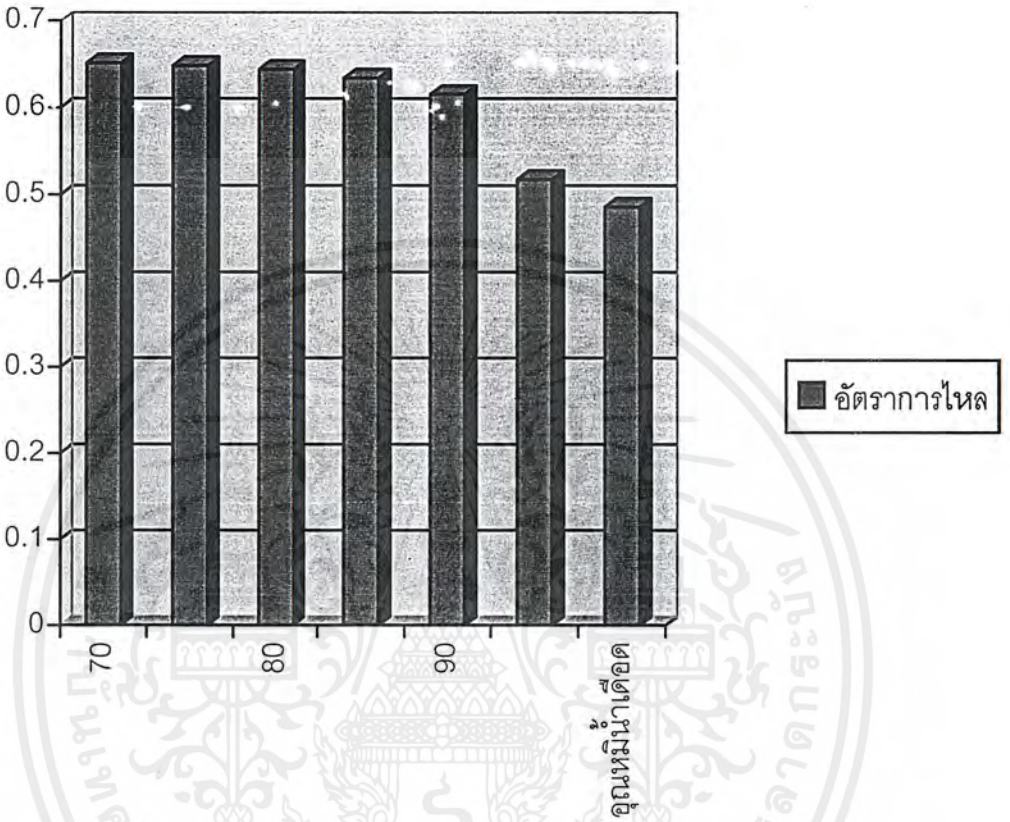
วิธีการทดลอง

1. ต้มน้ำในหม้อต้มให้มีอุณหภูมิที่เรากำหนดคือ 70° C, 75° C, 80° C, 85° C, 90° C, 95° C และอุณหภูมิที่น้ำเดือด ตามลำดับ
2. นำน้ำนมถั่วเหลืองดิบใส่ที่หม้อลูกลอย 5 ลิตร และควบคุมแก๊สให้ได้อุณหภูมิที่ 70° C เริ่มจับเวลาตั้งแต่น้ำนมถั่วเหลืองเริ่มเข้าหม้อจนออกจากหม้อ จนหมด บันทึกผลการทดลอง
3. วัดอุณหภูมิที่ทางเข้า-ออก ชิมรส,ดมกลิ่นและสังเกตลักษณะ บันทึกผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

อุณหภูมิ (เซลเซียส)	เวลา (นาที)	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)	อุณหภูมิทางเข้า (เซลเซียส)	อุณหภูมิทางออก (เซลเซียส)	กลิ่น
70	7.69	0.651	28	59.5	เหม็นเขียว,เริ่มมีฟอง
75	7.72	0.648	28	63.9	เหม็นเขียว,เริ่มมีฟอง
80	7.764	0.644	28	69.8	เหม็นเขียว,เริ่มมีฟอง
85	7.924	0.634	28	74.2	เหม็นเขียวน้อย,มีฟองเยอะแต่ไหลดีอยู่
90	8.13	0.615	28	80.1	ไม่มีกลิ่น,มีฟองเยอะแต่ไหลดีอยู่
95	9.671	0.517	28	84.4	ไม่มีกลิ่น,ฟองเยอะมาก
อุณหภูมิเดือด	10.288	0.4856	28	86.6	ไม่มีกลิ่น,ฟองเยอะมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงผลการทดลองที่ 2.

<u>สรุปผลการทดลอง</u>

- จากผลการทดลองเลือกอุณหภูมิที่ 90 ° C เพราะว่าจะได้อัตราการไหลของน้ำนมถั่วเหลืองเท่ากับ 0.615 ลิตร/นาทีและน้ำถั่วเหลืองมีคุณภาพดี ไม่เหม็นเขียวและมีฟองน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 3 หาความแตกต่างของการกรองในชุดกรอง

จุดประสงค์

- เพื่อศึกษาความแตกต่างระหว่างการเพิ่มผ่าขาวบางในชุดกรองกับชุดกรองเดิม

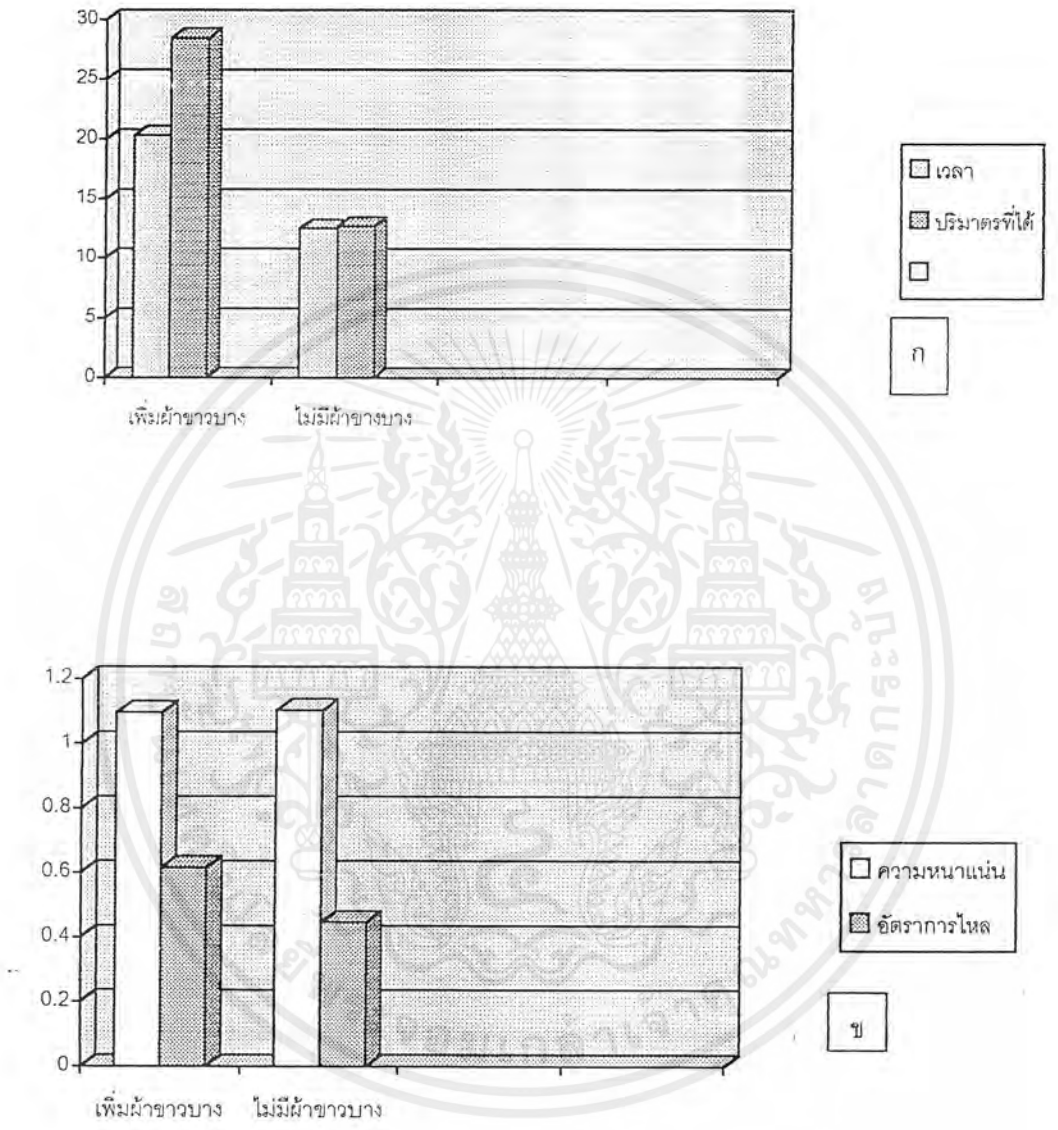
วิธีการทดลอง

1. นำถั่วเหลืองแช่น้ำ 2 กิโลกรัม ประมาณ 2-3 ชั่วโมง
2. นำถั่วเหลืองใส่ในช่องเติมถั่วเหลืองครั้งละ 1 กิโลกรัม
3. เติมน้ำในถังจ่ายน้ำให้เต็ม
4. เพิ่มผ้าขาวบางในชุดกรองละเอียด
5. ต้มน้ำในหม้อแลกเปลี่ยนความร้อนจนมีอุณหภูมิที่ 90 ° C รักษาอุณหภูมิไว้ให้คงที่
6. เริ่มเปิดเครื่องให้เครื่องเริ่มทำงานและปรับวาล์ลจ่ายน้ำที่ 50 %
7. เปิดวาล์วที่หม้อลูกลอยให้น้ำนมถั่วเหลืองไหลออกและจับเวลาตั้งแต่เริ่มเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจนออก ทำจนหมด ชิมรส บันทึกผลการทดลอง
8. ใช้กระบอกตวงตวงน้ำนมถั่วเหลืองปริมาตร 1 ลิตรและนำไปชั่งบันทึกผล
9. ทำซ้ำข้อ 2-8 แต่เอาผ้าขาวบางออกจากชุกกรองเพื่อเปรียบเทียบ บันทึกผล

ตารางบันทึกผลการทดลอง

	เวลา (นาที)	ปริมาณที่ได้ (ลิตร)	น้ำหนักน้ำนมถั่วเหลือง 1 ลิตร (กรัม)	ความหนาแน่น (กรัม/ลิตร)	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)	รส
เพิ่มผ้าขาวบาง	20.32	12.5	1096	1096	0.615	ไม่สากลิ้น
ไม่มีผ้าขาวบาง	28.48	12.7	1103	1103	0.446	สากที่ลิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.3 ก และ ข แสดงผลการทดลองที่ 3

<u>สรุปผลการทดลอง</u>

- เมื่อใส่ผ้าขาวบางแล้วจะทำให้ได้อัตราการไหลที่หม้อแลกเปลี่ยนความร้อนมากกว่าที่ไม่มีผ้าขาวบางกรองเพราะยังมีเนื้อถั่วเหลืองที่ละเอียดไปอุดตันท่ออยู่ และรสชาดไม่สากลิ้น
- ความนาแน่นของน้ำนมถั่วเหลืองแตกต่างกันน้อยมากดังนั้น ควรเพิ่มผ้าขาวบาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 4 เปรียบเทียบคุณภาพน้ำนมถั่วเหลือง

จุดประสงค์การทดลอง

- เพื่อหาความหนาแน่นของน้ำนมถั่วเหลืองที่ได้จากการปรับเปลี่ยนวาล์วตามองศาที่กำหนดเพื่อเปรียบเทียบกับความหนาแน่นของน้ำนมถั่วเหลืองตามท้องตลาด

วิธีการทดลอง

1. แช่ถั่วเหลือง 4 กิโลกรัม ไว้ประมาณ 3-4 ชั่วโมง
2. นำถั่วเหลืองใส่ในช่องเติมถั่วครั้งละ 1 กิโลกรัม และเติมน้ำจนเต็มถังจ่ายน้ำ
3. ต้มชุดแลกเปลี่ยนความร้อนที่ 90 ° C คงความร้อนไว้ให้คงที่
4. เปิดเครื่องให้ทำงานโดยเริ่มปรับวาล์วจ่ายน้ำที่ 25 % และเปิดวาล์วปล่อยน้ำนมถั่วเหลืองที่หม้อลูกลอย
5. ทำซ้ำข้อ 2-5 โดยปรับเปลี่ยนวาล์วจ่ายน้ำที่ 50 %, 75 % และ 100 % ตามลำดับ บันทึกผล
6. นำน้ำนมถั่วเหลืองมาจากการสุ่มตัวอย่างตามร้านที่จำหน่ายเป็นที่นิยม 5 ร้านค้า หาน้ำหนักที่ได้ต่อ 1 ลิตร บันทึกผล
7. เปรียบเทียบผลน้ำหนักต่อ 1 ลิตรจากข้อที่ 6. กับช่วงผลน้ำหนักต่อ 1 ลิตรที่วาล์วจ่ายน้ำ25%-100 %

ตารางบันทึกผลการทดลอง

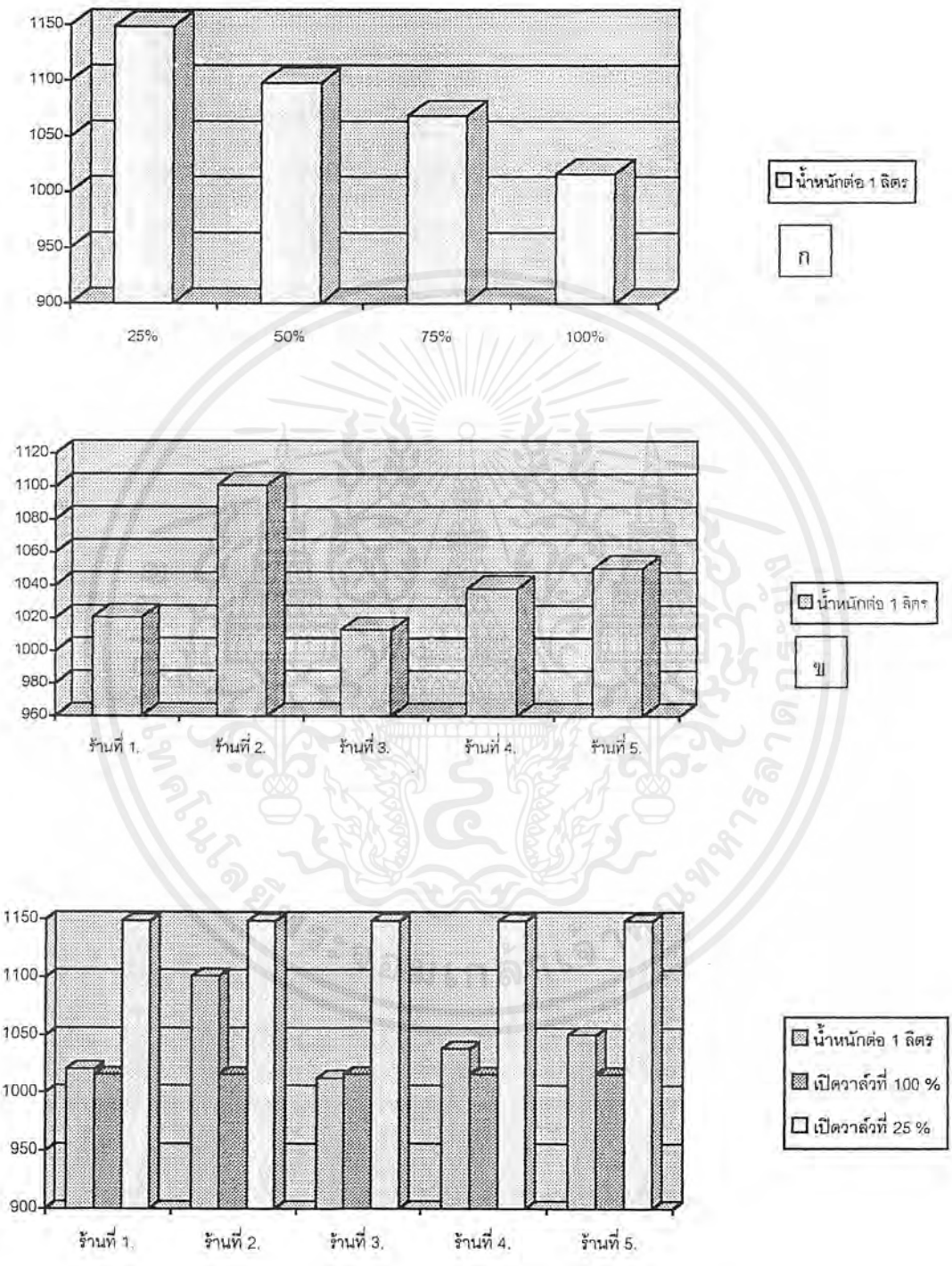
เปิดวาล์ว (%)	เวลาทั้งหมด (นาที)	จำนวนครั้งที่เครื่องทำงาน	น้ำหนักต่อ 1 ลิตร(กรัม)	ปริมาตรที่ได้ (ลิตร)
25	16.91	2	1148.3	9.47
50	23.53	3	1097.7	12.85
75	26.75	3	1068.2	14.14
100	28.70	4	1015.9	17.25

ก.

	ร้านที่ 1.	ร้านที่ 2.	ร้านที่ 3.	ร้านที่ 4.	ร้านที่ 5.
น้ำหนักต่อ 1 ลิตร(กรัม)	1020.5	1100.9	1012.7	1038.0	1050.4

ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ก, ข และการเปรียบเทียบช่วงน้ำหนักต่อ 1 ลิตรของน้ำถั่วเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

- จะเห็นได้ว่าจากการทดลองแล้ว รสชาดของน้ำนมถั่วเหลืองที่ได้จากการทำด้วยเครื่องนั้นสามารถปรับให้มีรสชาดเป็นที่นิยมตามท้องตลาดได้ โดยปรับวาล์วในการผสมของน้ำ และยิ่งปรับวาล์วที่ค่า องศาน้อย ที่ 25 % จะมีความเข้มข้นสูง เพราะจะมีเนื้อถั่วเหลืองผสมน้ำสูง

การทดลองที่ 5 ทดลองจากข้อมูลทั้งหมดที่ได้มีการทดลองมา

จุดประสงค์การทดลอง

1. แช่ถั่ว 5 กิโลกรัมประมาณ 3-4 ชั่วโมง
2. ต้มชุดแลกเปลี่ยนความร้อนให้ได้อุณหภูมิ 90° C ประมาณ 15 นาที ควบคุมให้คงที่
3. เปิดเครื่องใช้น้ำสะอาดเพื่อล้างเครื่องในรอบแรก
4. เติมถั่ว 5 กิโลกรัมและเติมน้ำในถังพักจนเต็มประมาณ 15 ลิตร
5. เดินเครื่องโดยปรับวาล์วที่ 75 % ทำให้ได้อัตราส่วนประมาณ 1:14
6. จับเวลาการทำงานทั้งหมดจนถั่วเหลืองที่ได้หมด และคอยสังเกตน้ำในถังควรเติมเมื่อสังเกตเห็นว่าใกล้หมด
7. ควบคุมอุณหภูมิของชุดแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการปรับปริมาณไฟของแก๊ส โดยให้ถึงที่ที่ 90°C
8. ใช้กระบอกตวงตวงเพื่อหาปริมาณน้ำนมถั่วเหลืองที่ได้ทั้งหมด
9. ชั่งกากถั่วเหลือง
10. ล้างและทำความสะอาดเครื่อง

ผลการทดลอง

- เวลาเตรียมเครื่อง 10 นาที
- เวลาต้มเพื่อให้ชุดแลกเปลี่ยนความร้อนมีอุณหภูมิ 90°C ใช้เวลา 15 นาที
- เวลาที่นมถั่วเหลืองเริ่มไหลจนไหลออกหมด 135 นาที
- เวลาทำความสะอาด 15 นาที
- ปริมาณน้ำนมถั่วเหลืองที่ได้ 65.4 ลิตร
- กากถั่วเหลือง 8.30 กิโลกรัม
- เวลาที่ใช้ทั้งหมด 2 ชั่วโมง 35 นาที

สรุปผลการทดลอง

- จากการทดลองที่ได้มาทั้งหมดจะเห็นได้ว่า สามารถนำเครื่องไปใช้ได้จริงตามที่ได้ทดลองให้เห็นแล้วทุก ๆ อย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์ผล

5.1 เปรียบเทียบความแตกต่างของการต้มกับการพาสเจอไรส์

- การพาสเจอไรส์นั้นเป็นกรรมวิธีฆ่าเชื้อโรคด้วยความร้อนที่ระดับอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 63 °C และคงอยู่ที่อุณหภูมินี้ไม่ต่ำกว่า 30 นาที หรือทำให้ร้อนไม่ต่ำกว่า 72 °C และคงอยู่ที่อุณหภูมินี้ไม่น้อยกว่า 16 วินาที และทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 5 °C หรือต่ำกว่า ทั้งนี้จะผ่านกรรมวิธีทำให้ของเหลว (นมสด) เป็นเนื้อเดียวกันหรือไม่ก็ได้ (กระทรวงสาธารณสุข , 2522)
- จากการศึกษาจะพบว่า ถ้าจะใช้วิธีการให้ความร้อนแบบพาสเจอไรส์ สามารถเป็นไปได้ แต่ไม่มีความจำเป็นเป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิตด้วย ในการควบคุมให้เย็นลงในทันที เพราะความนิยมในการบริโภคน้ำนมถั่วเหลืองในขณะที่ยังร้อนพอประมาณเพื่อรสชาดที่ดี และที่สำคัญน้ำนมถั่วเหลืองไม่มีความจำเป็นในการฆ่าเชื้อโรคด้วย

5.2 วิเคราะห์อัตราผลตอบแทนต่อปีของเครื่องและจุดคุ้มทุน

<u>มีรายละเอียดของเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายดังนี้</u>

1. ราคาเครื่อง	40,000	บาท
2. มูลค่าซาก	10,000	บาท
3. อายุการใช้งาน	5	ปี
4. ค่าซ่อมบำรุงเมื่อสิ้นปี		
ที่ 1	500	บาท
เพิ่มปีละ	300	บาท
5. เครื่องใช้งาน	3	ช.ม./วัน
6. ใช้แรงงานในการผลิต	1	คน
7. ใช้แก๊สต้ม	1	ช.ม./วัน
8. มอเตอร์ขนาด	2	แรงม้า
ประสิทธิภาพ	70	%
9. ราคาขายน้ำนมถั่วเหลือง	5	บาท/ถุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 ลิตร มี	5	ถุง
10. ผลิตน้ำนมถั่วเหลือง	60	ลิตร/วัน
11. จำนวนวันที่ผลิต	365	วัน/ปี
12. ใช้ถั่วเหลือง	40	กก./วัน
ราคา	30	บาท/กก.
13. ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย	2	บาท/หน่วย
14. ค่าแก๊ส	20	บาท/ช.ม.
15. ค่าแรงงาน	20	บาท/ช.ม.
16. ค่าถุง	20	บาท/วัน
17. ใช้น้ำตาล	5	กก./วัน
กิโลกรัมละ	15	บาท

จากภาคผนวก (ก.) เปิดตารางอัตราดอกเบี้ย 10 % ที่ n = 5

จะได้ค่า A/P = 0.26380 และ A/F = 0.16380 แทนค่า

$$P\,(A/P, 10\,\%, 5) - L\,(A/P, 10\,\%, 5) = 40{,}000\,(0.26380) - 10{,}000\,(0.16380)$$

$$= 8{,}914 \text{ บาท ต่อ ปี}$$

ต้นทุนแปรผัน

ค่าซ่อมบำรุงต่อปี = $500 + 300\,(A/G, 10\,\%, 5)$

เปิดตาราง (GUSF) **ภาคผนวก (ข.)** ได้ $(A/G, 10\,\%, 5) = 1.81$

$= 500 + 300(1.81)$

$= 1{,}043$ บาทต่อปี

ค่าแรงในการผลิต = 200 บาท/วัน * 365 วัน/ปี

= 73,000 บาทต่อปี

ค่าไฟฟ้า = 2 hp * 0.746 kW/hp *3 hr/วัน*2 บาท/ kW-hr*0.7*365 วัน/ปี

= 2,288 บาทต่อปี

ค่าแก๊ส = 20 บาท/hr * 2 hr/วัน * 365 วัน/ปี

= 14,600 บาทต่อปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าถั่วเหลือง = 6 ก.ก./วัน * 365 วัน/ปี * 30 บาท/ก.ก.

= 65,700 บาทต่อปี

ค่าน้ำตาล = 5 ก.ก./วัน * 365 วัน/ปี * 15 บาท/ก.ก.

= 27,375 บาทต่อปี

ค่าถุง = 20 บาท/วัน *365 วัน/ปี

= 7,300 บาทต่อปี

ต้นทุนรวมแปรผัน = 191,306 บาทต่อปี

ต้นทุนทั้งหมด = 8,914 + 191,306

= 200,220 บาทต่อปี

รายได้จากการขาย = 5 บาท/ถุง * 4 ถุง/ลิตร * 60 ลิตร/วัน * 365 วัน/ปี

= 438,000 บาทต่อปี

กำไรสุทธิ = 438,000 – 200,220

= 237,780 บาทต่อปี

ดังนั้นผลตอบแทนต่อปี = (กำไรสุทธิ * 100)/ เงินลงทุนทั้งหมด

= (237,780 * 100)/ 200,220 %

= 118.75 %

5.3 เปรียบเทียบจุดคุ้มทุน (BEP : Break Event Point)ของเครื่อง กับคนผลิต

ให้ N = จำนวนวันที่ใช้ในการผลิต (วัน/ปี)

- กรณีใช้เครื่องผลิต

ต้นทุนคงที่ = 40,000 บาท/ปี

ต้นทุนแปรผันคงที่ ได้แก่

ค่าซ่อมบำรุง = 1,043 บาท/ปี

ค่าแรงงานผลิต = 200N บาท/ปี

ค่าไฟฟ้า = 6.26N บาท/ปี

ค่าแก๊ส = 40N บาท/ปี

ค่าถั่วเหลือง = 65,700 บาท/ปี

ค่าน้ำตาล = 27,375 บาท/ปี

ค่าถุง = 7,300 บาท/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้นทุนแปรผันรวม = 1,043 + 200N + 6.26N + 40N + 65,700 – 27,375 + 7,300

= 246.26N + 101,418 บาทต่อปี

ต้นทุนทั้งหมด = 8,914 + 246.26N + 101,418

= 246.26N + 110,332 บาทต่อปี

- กรณีใช้คนผลิต

ใช้แรงงานในการผลิต = 3 คน

ใช้เวลาในการผลิต = 5 hr/วัน

ใช้แก๊สต้ม = 3 hr/วัน

ต้นทุนแปรผัน

ค่าแก๊ส = 60N บาท/ปี

ค่าแรงงานการผลิต = 600N บาท/ปี

ค่าถั่วเหลือง = 65,700 บาท/ปี

ค่าน้ำตาล = 27,375 บาท/ปี

ค่าถุง = 7,300 บาท/ปี

ต้นทุนทั้งหมด = 660N + 100,375 บาท/ปี

BFP(เครื่อง) = BFP(คน)

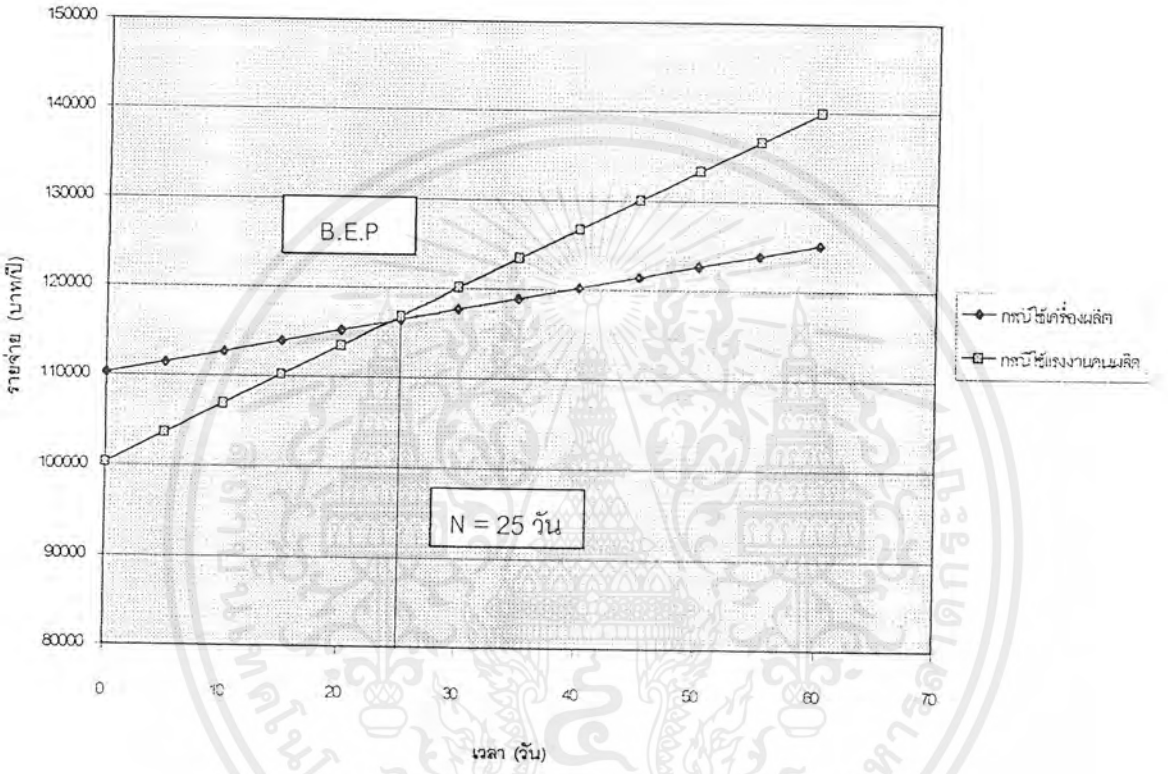
246.26N + 110,332 = 660N + 100,375

413.74N = 9,957

N = 25 วันต่อปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจุดคุ้มทุนระหว่างเครื่องกับคน



รูปที่ 5.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจุดคุ้มทุนระหว่างเครื่องกับคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 สรุปการพัฒนาเครื่องผลิตน้ำนมถั่วเหลือง

- เวลาเตรียมเครื่อง 10 นาที
- เวลาต้มเพื่อให้ชุดแลกเปลี่ยนความร้อนมีอุณหภูมิ 90°C ใช้เวลา 15 นาที
- เวลาที่นมถั่วเหลืองเริ่มไหลจนไหลออกหมด 135 นาที
- เวลาทำความสะอาด 15 นาที
- ปริมาณน้ำนมถั่วเหลืองที่ได้ 65.4 ลิตร
- กากถั่วเหลือง 8.30 กิโลกรัม
- เวลาที่ใช้ทั้งหมด 2 ชั่วโมง 35 นาที
- จุดคุ้มทุนที่ระยะเวลา 25 วัน
- สามารถช่วยผ่อนแรงงานได้ 2 คน
- สามารถผลิตเป็นอุตสาหกรรมค้าส่งได้ดี
- ถ้าต้องการความเข้มข้นของน้ำนมถั่วเหลืองสูงให้ปรับวาล์วที่ปล่อยน้ำที่ 25 % แต่ถ้าต้องการความเข้มข้นน้อยให้เปิดวาล์วน้ำเต็มที่น้ำที่ 100 %
- เมื่อเปิดเครื่องไปเป็นเวลานานจะเกิดฟองขึ้นที่หม้อลูกลอยควรเปลี่ยนผ้ากรองเพื่อลดการเกิดฟองจะทำให้น้ำนมถั่วเหลืองไหลได้ดีขึ้น
- ควรตรวจสอบดูระบบการจ่ายน้ำที่ชุดปล่อยน้ำเสมอเพราะชุดจ่ายน้ำมีขนาดเล็กไม่สามารถจุน้ำได้มาก
- ควรตรวจสอบอุณหภูมิของหม้อแลกเปลี่ยนความร้อนให้คงที่ที่ 90 ° C ตลอดเพราะถ้าสูงไปน้ำนมถั่วเหลืองจะเดือดและจะไม่ไหล ถ้าอุณหภูมิต่ำไปจะทำให้น้ำนมถั่วเหลืองมีกลิ่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก. ตารางแสดงค่า A/F และ A/P

อัตราดอกเบี้ย 10 %

n	ระบบจ่ายทีเดียว: Compound Amount Factor CAF	ระบบจ่ายทีเดียว: Present Worth Factor PWF	(A/F) ระบบจ่ายเป็นอนุกรม: Sinking Fund Factor SFF	(A/P) ระบบจ่ายเป็นอนุกรม: Capital Recovery Factor CRF	ระบบจ่ายเป็นอนุกรม: Compound Amount Factor SCAF	ระบบจ่ายเป็นอนุกรม: Present Worth Factor SPWF	n
1	1.1000	0.9091	1.000 00	1.100 00	1.000	0.909	1
2	1.2100	0.8264	0.476 19	0.576 19	2.100	1.736	2
3	1.3310	0.7513	0.302 11	0.402 11	3.310	2.487	3
4	1.4641	0.6830	0.215 47	0.315 47	4.641	3.170	4
5	1.6105	0.6209	0.163 80	0.263 80	6.105	3.791	5
6	1.7716	0.5645	0.129 61	0.229 61	7.716	4.355	6
7	1.9487	0.5132	0.105 41	0.205 41	9.487	4.868	7
8	2.1436	0.4665	0.087 44	0.187 44	11.436	5.335	8
9	2.3579	0.4241	0.073 64	0.173 64	13.579	5.759	9
10	2.5937	0.3855	0.062 75	0.162 75	15.937	6.144	10
11	2.8531	0.3505	0.053 96	0.153 96	18.531	6.495	11
12	3.1384	0.3186	0.046 76	0.146 76	21.384	6.814	12
13	3.4523	0.2897	0.040 78	0.140 78	24.523	7.103	13
14	3.7975	0.2633	0.035 75	0.135 75	27.975	7.367	14
15	4.1772	0.2394	0.031 47	0.131 47	31.772	7.606	15
16	4.5950	0.2176	0.027 82	0.127 82	35.950	7.824	16
17	5.0545	0.1978	0.024 66	0.124 66	40.545	8.022	17
18	5.5599	0.1799	0.021 93	0.121 93	45.599	8.201	18
19	6.1159	0.1635	0.019 55	0.119 55	51.159	8.365	19
20	6.7275	0.1486	0.017 46	0.117 46	57.275	8.514	20
21	7.4002	0.1351	0.015 62	0.115 62	64.002	8.649	21
22	8.1403	0.1228	0.014 01	0.114 01	71.403	8.772	22
23	8.9543	0.1117	0.012 57	0.112 57	79.543	8.883	23
24	9.8497	0.1015	0.011 30	0.111 30	88.497	8.985	24
25	10.8347	0.0923	0.010 17	0.110 17	98.347	9.077	25
26	11.9182	0.0839	0.009 16	0.109 16	109.182	9.161	26
27	13.1100	0.0763	0.008 26	0.108 26	121.100	9.237	27
28	14.4210	0.0693	0.007 45	0.107 45	134.210	9.307	28
29	15.8631	0.0630	0.006 73	0.106 73	148.631	9.370	29
30	17.4494	0.0573	0.006 08	0.106 08	164.494	9.427	30
31	19.1943	0.0521	0.005 50	0.105 50	181.943	9.479	31
32	21.1138	0.0474	0.004 97	0.104 97	201.138	9.526	32
33	23.2252	0.0431	0.004 50	0.104 50	222.252	9.569	33
34	25.5477	0.0391	0.004 07	0.104 07	245.477	9.609	34
35	28.1024	0.0356	0.003 69	0.103 69	271.024	9.644	35
40	45.2593	0.0221	0.002 26	0.102 26	442.593	9.779	40
45	72.8905	0.0137	0.001 39	0.101 39	718.905	9.863	45
50	117.3909	0.0085	0.000 86	0.100 86	1 163.909	9.915	50
55	189.0591	0.0053	0.000 53	0.100 53	1 880.591	9.947	55
60	304.4816	0.0033	0.000 33	0.100 33	3 034.816	9.967	60
65	490.3707	0.0020	0.000 20	0.100 20	4 893.707	9.980	65
70	789.7470	0.0013	0.000 13	0.100 13	7 887.470	9.987	70
75	1 271.8952	0.0008	0.000 08	0.100 08	12 708.954	9.992	75
80	2 048.4002	0.0005	0.000 05	0.100 05	20 474.002	9.995	80
85	3 298.9690	0.0003	0.000 03	0.100 03	32 979.690	9.997	85
90	5 313.0226	0.0002	0.000 02	0.100 02	53 120.226	9.998	90
95	8 556.6760	0.0001	0.000 01	0.100 01	85 556.760	9.999	95
100	13 780.6123	0.0001	0.000 01	0.100 01	137 796.123	9.999	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข. ตารางแสดงค่า A/G

Gradient to Uniform Series Conversion Factor (GUSF)

(A/G)

n	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	n
2	0.50	0.50	0.49	0.49	0.49	0.49	0.48	0.48	0.48	2
3	0.99	0.99	0.98	0.97	0.97	0.96	0.95	0.95	0.94	3
4	1.49	1.48	1.46	1.45	1.44	1.43	1.42	1.40	1.38	4
5	1.98	1.96	1.94	1.92	1.90	1.88	1.86	1.85	1.81	5
6	2.47	2.44	2.41	2.39	2.36	2.33	2.30	2.28	2.22	6
7	2.96	2.92	2.88	2.84	2.81	2.77	2.73	2.69	2.62	7
8	3.45	3.40	3.34	3.29	3.24	3.20	3.15	3.10	3.00	8
9	3.93	3.87	3.80	3.74	3.68	3.61	3.55	3.49	3.37	9
10	4.42	4.34	4.26	4.18	4.10	4.02	3.95	3.87	3.73	10
11	4.90	4.80	4.70	4.61	4.51	4.42	4.33	4.24	4.06	11
12	5.38	5.26	5.15	5.03	4.92	4.81	4.70	4.60	4.39	12
13	5.86	5.72	5.59	5.45	5.32	5.19	5.06	4.94	4.70	13
14	6.34	6.18	6.02	5.87	5.71	5.56	5.42	5.27	5.00	14
15	6.81	6.63	6.45	6.27	6.10	5.93	5.76	5.59	5.28	15
16	7.29	7.08	6.87	6.67	6.47	6.28	6.09	5.90	5.55	16
17	7.76	7.52	7.29	7.07	6.84	6.62	6.41	6.20	5.81	17
18	8.23	7.97	7.71	7.45	7.20	6.96	6.72	6.49	6.05	18
19	8.70	8.41	8.12	7.83	7.56	7.29	7.02	6.77	6.29	19
20	9.17	8.84	8.52	8.21	7.90	7.61	7.32	7.04	6.51	20
21	9.63	9.28	8.92	8.58	8.24	7.92	7.60	7.29	6.72	21
22	10.10	9.70	9.32	8.94	8.57	8.22	7.87	7.54	6.92	22
23	10.56	10.13	9.71	9.30	8.90	8.51	8.14	7.78	7.11	23
24	11.02	10.55	10.10	9.65	9.21	8.80	8.39	8.01	7.29	24
25	11.48	10.97	10.48	9.99	9.52	9.07	8.64	8.23	7.46	25
26	11.94	11.39	10.85	10.33	9.83	9.34	8.88	8.44	7.62	26
27	12.39	11.80	11.23	10.66	10.12	9.60	9.11	8.64	7.77	27
28	12.85	12.21	11.59	10.99	10.41	9.86	9.33	8.83	7.91	28
29	13.30	12.62	11.96	11.31	10.69	10.10	9.54	9.01	8.05	29
30	13.75	13.02	12.31	11.63	10.97	10.34	9.75	9.19	8.18	30
31	14.20	13.42	12.67	11.94	11.24	10.57	9.95	9.36	8.30	31
32	14.65	13.82	13.02	12.24	11.50	10.80	10.14	9.52	8.41	32
33	15.10	14.22	13.36	12.54	11.76	11.02	10.32	9.67	8.52	33
34	15.54	14.61	13.70	12.83	12.01	11.23	10.50	9.82	8.61	34
35	15.98	15.00	14.04	13.12	12.25	11.43	10.67	9.96	8.71	35
40	18.18	16.89	15.65	14.48	13.38	12.36	11.42	10.57	9.10	40
45	20.33	18.70	17.16	15.70	14.36	13.14	12.04	11.04	9.37	45
50	22.44	20.44	18.56	16.81	15.22	13.80	12.53	11.41	9.57	50
60	26.53	23.70	21.07	18.70	16.61	14.79	13.23	11.90	9.80	60
70	30.47	26.66	23.21	20.20	17.62	15.46	13.67	12.18	9.91	70
80	34.25	29.36	25.04	21.37	18.35	15.90	13.93	12.33	9.96	80
90	37.87	31.79	26.57	22.28	18.87	16.19	14.08	12.41	9.98	90
100	41.34	33.99	27.84	22.98	19.23	16.37	14.17	12.45	9.99	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ต้องขอขอบพระคุณคณาจารย์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกๆท่านและ คุณพ่อ-คุณแม่ ที่ช่วยอบรมให้มีความรู้สำหรับทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้และทุก ๆ อย่างสำหรับการประกอบวิชาชีพวิศวกรต่อไป สำหรับทางเจ้าหน้าที่ของภาควิชาวิศวกรรมเกษตรทุกท่าน ขอขอบคุณการประสานงานเรื่องงบประมาณในการทำโครงงานชิ้นนี้ ขอบคุณเพื่อน ๆ และน้อง ๆ ที่ชมรมรักบี้ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกคน ที่ให้ทั้งอุปกรณ์ และแรงงานทุกอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. **กองส่งเสริมพืชพันธุ์** :2521.,คำแนะนำที่ 34 เรื่องการปลูกถั่วเหลือง กรมส่งเสริมการเกษตร.

2. **พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์**.:2519, คำบรรยายพืชไร่นา 413 (พืชน้ำมัน) เรื่องถั่วเหลืองและถั่วเหลืองถั่วลิสง ภาคต้น ปีการศึกษา 2519 – 20 ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยศาสตร์.

3. **สมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรแห่งประเทศไทย** :2520, ถั่วเหลือง 2520 รายงานการประชุมวิชชาการเรื่องถั่วเหลือง ณ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

4. **อภิพรรณ พุกภักดี**:2523, เอกสารคำสอนวิชาพืชไร่ 598 (ปัญหาพิเศษ) เรื่องสรรีวิทยาของการผลิตพืชตระกูลถั่ว ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. **วิมลศรี เทวะผลิน และ ประเทืองศรี สินชัยศรี** สาขาวิจัยเคมีพืชและผลผลิต กองเกษตรเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้