เครื่องผลิตน้ำนมถั่วเหลือง

Soymilk Extraction machine

โดย

นายเดชา ศรีสารกุล

นายพรเทพ ตั้งเอกสิทธิพาณิช

นายพุทธธินันทร์ จารุวัฒน์

วัน เดือน ปี 4 ตค. 2541

เลขทะเบียน 038643

เลขเรียกหนังสือ T 001.4 ศ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540

038643

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2540

ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องผลิตน้ำนมถั่วเหลือง

ผู้จัดทำ

1. นายเดชา ศรีสารกุล
2. นายพรเทพ ตั้งเอกสิทธิพาณิชย์
3. นายพุทธธินันทร์ จารุวัฒน์

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์จิราภรณ์ เบญจประกายรัตน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์กุสุมาลย์ เลิศชาญวุฒิ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ดร.ชูศักดิ์ ชวประดิษฐ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องผลิตน้ำนมถั่วเหลือง

นายเดชา ศรีสารสกุล
นายพรเทพ ตั้งเอกสิทธิพาณิช
นายพุทธธินันทร์ จารุวัฒน์

อาจารย์จิราภรณ์ เบญจประกายรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์กุสุมาลย์ เลิศชาญวุฒิ อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์ดร.ชูศักดิ์ ชวประดิษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2540

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาออกแบบและสร้างเครื่องผลิตน้ำนมถั่วเหลืองขนาดเล็ก ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนคือ ชุดบดย่อยถั่ว ชุดกรองแยกกากและน้ำถั่วเหลือง และชุดต้มพาสเจอไรซ์

เครื่องผลิตน้ำนมถั่วเหลืองจะทำการบดถั่วเหลืองและกรองแยกกากและน้ำถั่วเหลืองได้อย่างต่อเนื่อง ในการป้อยถั่วเหลืองที่แช่น้ำแล้ว 6 กิโลกรัมผสมกับน้ำ จะได้น้ำถั่วเหลืองประมาณ 60 ลิตร และชุดต้มประกอบด้วย หม้อต้มน้ำทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 นิ้ว สูง 80เซนติเมตร มีท่ออะลูมิเนียมขดไว้ในหม้อต้มน้ำสำหรับน้ำนมถั่วเหลืองไหลผ่าน ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3/8 นิ้ว ยาว 12 เมตร และใช้แกสเป็นเชื้อเพลิง
โดยอัตราการไหลของน้ำถั่วเหลืองในท่อขดประมาณ 0.5 ลิตรต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SOYMILK EXTRACTION MACHINE

DACHA SREESARNSAKUL

PORNTEP TANGEKSITHIPANICH

PUTTINUN JARUWAT

CHIRAPORN BENCHAPRAKAYRAT ADVISOR

KUSUMAL LERTCHANWUT ADVISOR

DR.CHUSAK CHAWAPRADIS ADVISOR

1997

Abstract

This thesis has designed and builded a soymilk extraction machine.It consists 3 parts such are grindstone filter for separate soymilk and drags and pasteurization pot.

Soymilk extraction machine operate first grind soybeans then separate soymilk and drags.Feed steeped soybeans 6 kilograms and fill water will produce soymilk 60 liters. Pasteurization pot consists a cylindrical pot has 15 inches in diameter 80 centimeters in height and a aluminium tube 3/8 inch in diameter 12 meters in length is coiled in the pot for soymilk flow through.Flow rate of soymilk flow in coil is 0.5 liter/min.Use gas for boil water.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(ก)
สารบัญรูปภาพ	(ข)
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	5
บทที่ 3 การสร้างและการคำนวณ	11
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	22
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	23
ภาคผนวก	29
กิตติกรรมประกาศ	45
หนังสืออ้างอิง	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพ	**หน้า**
รูปที่ 2.1 แผนภูมิส่วนประกอบของน้ำนมถั่วเหลือง	5
รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการผลิต	6
รูปที่ 3.1 ถังน้ำและกรวยป้อนถั่วเหลือง	11
รูปที่ 3.2 ชุดโม่	12
รูปที่ 3.3 ชุดกรอง(ลักษณะการทำงาน)	13
รูปที่ 3.4 ส่วนประกอบชุดกรอง	14
รูปที่ 3.5 ชุดต้ม	16
รูปที่ 3.6 ภาพรวมของเครื่องผลิตน้ำนมถั่วเหลือง	17
รูปภาคผนวก ฉ.	
รูป ก ลักษณะเครื่องผลิตน้ำนมถั่วเหลือง	37
รูป ข ส่วนของชุดโม่และชุดกรอง	38
รูป ค ส่วนของชุดโม่	39
รูป ง กากถั่วเหลืองถูกดันออกมายังตัวอั้นกาก	40
รูป จ ถังพักและท่อที่น้ำถั่วเหลืองไหลลงมายังชุดต้ม	41
รูป ฉ ส่วนของชุดต้มขณะน้ำเดือด	42
รูป ช น้ำนมถั่วเหลืองที่ผ่านการต้มแบบพาสเจอร์ไรซ์	43
รูป ซ ลักษณะของตัวเครื่องด้านข้าง	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 คำนำ

ถั่วเหลืองเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีคุณค่าสูงเหมาะสมสำหรับการแปรรูปเพื่อบริโภคเพราะมีโปรตีนและ ไขมันเป็นองค์ประกอบหลัก น้ำนมถั่วเหลืองเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่นิยมบริโภคเป็นอาหารเสริมโปรตีน และมีราคาถูกกว่าน้ำนมโค จึงเหมาะที่จะส่งเสริมให้ประชาชนดื่มกันมากขึ้น การทำน้ำนมถั่วเหลืองในระดับครัวเรือนสามารถใช้เครื่องบดไฟฟ้า หรือโม่หินสำหรับบดถั่ว แล้วใช้ผ้าขาวบางกรองแยกกากถั่วออกจากน้ำนมถั่วเหลืองในปริมาณมากๆ สำหรับจำหน่าย ดังนั้น จึงได้ออกแบบ และพัฒนาเครื่องมือผลิตน้ำนมถั่วเหลืองแบบต่อเนื่อง เพื่อผ่อนแรง และลดแรงงานในการปฏิบัติและทำให้งานรวดเร็วขึ้น

ถั่วเหลืองเป็นพืชเศรษฐกิจและมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศพืชหนึ่ง สามารถขึ้นได้ดีในสภาพอากาศของประเทศไทย รัฐบาลได้เล็งเห็นความสำคัญในการจะเร่งรัดและส่งเสริมให้มีการปลูกถั่วเหลืองเพิ่มมากขึ้น เพื่อให้มีปริมาณมากพอจะใช้บริโภคและป้อนโรงงานอุตสาหกรรมภายในประเทศ และส่งเป็นสินค้าออกเพื่อนำรายได้เข้ามาพัฒนาประเทศทางหนึ่ง ในแต่ละปีประเทศไทยปลูกถั่วเหลืองเป็นเนื้อที่ประมาณ 1 ล้านไร่ และได้ผลผลิตประมาณ 1.5 แสนตัน แต่ประเทศไทยมีความต้องการถั่วเหลืองไม่ต่ำกว่า 3 แสนตันต่อปี ซึ่งผลผลิตที่ได้ยังห่างไกลความต้องการอีกมาก ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องเร่งรัดการเพิ่มผลผลิตให้มากขึ้นและมีคุณภาพดีขึ้นด้วย การผลิตนั้นมีปัญหาสำคัญอยู่หลายประการ เมื่อเทียบกับการพัฒนาเศรษฐกิจที่คล้ายคลึงกัน เช่น ถั่วเขียวและถั่วลิสงถั่งเหลืองมีปัญหาด้านวิชาการและด้านการตลาดมากกว่า ดังนั้นเกษตรกรจึงไม่ให้ความสนใจมากนัก ส่วนใหญ่ก็ยังปลูกกันอยู่ในแหล่งปลูกเดิมตามความเคยชินของเกษตรกรเท่านั้น

แหล่งปลูกส่วนใหญ่ของประเทศนี้ ได้แก่จังหวัดทางภาคเหนือและภาคกลางตอนเหนือ เช่นจังหวัดเชียงใหม่ ลำปาง แพร่ ตาก กำแพงเพชร เพชรบูรณ์ ลพบุรี เป็นต้น นอกจากนี้ในท้องที่จังหวัดอื่นๆ ในภาคกลางเช่นจังหวัดชัยนาท สิงห์บุรี อ่างทอง กาญจนบุรี สุพรรณบุรี ราชบุรี ปราจีนบุรี และฉะเชิงเทราก็เป็นแหล่งปลูกที่มีสภาพดินฟ้าอากาศเหมาะสม และสามารถขยายการปลูกให้กว้างขวางออกไปได้ในอนาคต ในขณะนี้ก็มีบางจังหวัดได้ปลูกเพื่อจำหน่ายผักสด (ถั่วแระ) กันบ้างแล้ว ส่วนจังหวัดทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่นจังหวัดเลย นครราชสีมา ชัยภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศรีษะเกศ อุบลราชธานี มหาสารคาม และอุดรธานี ก็สมควรปลูกถั่วเหลืองเพื่อใช้ประโยชน์ทางโภชนาการให้แหล่งน้ำสำหรับปลูกถั่วเหลืองในฤดูแล้งหลังเก็บเกี่ยวข้าวได้ หรือจะปลูกเป็นพืชหมุนเวียนสลับกับปอและข้าวโพดก็ได้ สำหรับทางภาคใต้เนื่องจากมีฝนตกชุกอาจจะมีปัญหาในระหว่างการเก็บเกี่ยวและนวดบ้าง แต่ถ้าจะปลูกเพื่อรับประทานฝักสดก็จะไม่มีปัญหาอะไร เนื่องจากถั่วเหลืองเป็นพืชที่ตลาดมีความต้องการมาก และยังเป็นพืชบำรุงดินที่ดีด้วย จึงสมควรที่จะแนะนำส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกกันอย่างกว้างขวางและแพร่หลายต่อไป

องค์ประกอบของเมล็ดถั่วเหลืองที่ดีเด่นกว่าเมล็ดพืชอื่นๆ คือ มีน้ำมันและโปรตีนสูงมาก เป็นพิเศษลักษณะที่สำคัญนี้ทำให้เมล็ดถั่วเหลืองมีคุณภาพสูง น้ำมันเมล็ดถั่วเหลืองที่ส่งจำหน่ายในตลาดโลกมีน้ำมันประมาณ 18-20 ของน้ำหนักเมล็ด น้ำมันถั่วเหลืองเป็นน้ำมันที่มีคุณภาพสูง กล่าวคือมีกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid : Oleic, linoleic and linoleic) 80-85 % แม้ว่าจะมี linolenic ปนอยู่ในน้ำมันถั่วเหลือง 6-8 % แต่วิทยาการสมัยใหม่สามารถปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันถั่วเหลืองให้ดี แข่งขันกับน้ำมันพืชชนิดอื่นๆได้ ในปัจจุบันน้ำมันถั่วเหลืองส่งออกจำหน่ายในตลาดโลกได้มากกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่น (ทานตะวัน ถั่วลิสง และอื่นๆ) เมล็ดถั่วเหลืองมีโปรตีนประมาณ 35-40 % ถ้าสกัดเอาไขมันออกไปก่อนโปรตีนจะเพิ่มขึ้นถึง 60 % และเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพสูง แม้จะมี sulfered amino acid บางตัวน้อย (เช่น methionine and cystein) แต่ก็สามารถสังเคราะห์เพิ่มเติมได้ตามปริมาณที่ต้องการ จึงทำให้ถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบที่มีคุณค่าในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศในยุโรป ปัจจุบันนี้การค้นคว้าเกี่ยวกับการกำจัด tripsin ซึ่งเป็นสาร inhibitor ที่มีอยู่ในเมล็ดถั่วเหลือง และมีบทบาทอย่างสำคัญต่อการย่อยโปรตีน ได้ดำเนินการอยู่อย่างกว้างขวาง และเมื่อทำได้สำเร็จจะทำให้การใช้ถั่วเหลืองมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น จึงทำให้เชื่อว่าการเลี้ยงสัตว์ในอนาคตจะต้องผูกพันอยู่กับกากถั่วเหลือง เมล็ดถั่วเหลืองมีแป้งอยู่ประมาณ 30-35 % ส่วนใหญ่อยู่ในรูป starcheose ซึ่งสัตว์และมนุษย์ยังไม่สามารถใช้ประโยชน์อย่างอื่นๆ ได้ (เช่นทำพลาสติก กาว และอื่นๆ) จากผลการวิจัยของนักโภชนาศาสตร์แสดงให้เห็นว่าช่องทางปรับปรุงนำเอาแป้งนี้ไปใช้เป็นอาหารได้ในอนาคตอันใกล้นี้

การใช้ประโยชน์ถั่วเหลือง ถั่วเหลืองเป็นพืชอาหารที่ชาวเอเชียโดยเฉพาะชาวจีนรู้จักและใช้ประโยชน์มาเป็นเวลาหลายพันปี สำหรับประเทศกำลังพัฒนา ประชาชนมีฐานะยากจน และมีปัญหาในด้านโภชนาการรัฐบาลได้พยายามส่งเสริมให้ประชาชนรู้จักบริโภคถั่วเหลือง เพื่อเป็นโปรตีนแทนเนื้อสัตว์ที่มีราคาแพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับประเทศไทย ในปัจจุบันถั่วเหลืองเป็นพืชที่มีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมในประเทศหลายชนิด โดยเฉพาะอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ซึ่งความต้องการใช้ถั่วเหลืองภายในประเทศนั้นสามารถแยกได้ 3 รูปแบบคือ

- เมล็ด
- น้ำมัน
- กากถั่วเหลือง

การใช้ถั่วเหลืองในรูปแบบของเมล็ดนั้นผลผลิตถั่วเหลืองที่ผลิตได้ประมาณร้อยละ 70 จะเข้าโรงงานสกัดน้ำมันพืชเพื่อผลิตน้ำมันพืช และกากถั่วเหลือง ผลผลิตถั่วเหลืองส่วนน้อยประมาณร้อยละ 25 จะใช้เพื่อการบริโภคในท้องถิ่นและเข้าโรงงานขนาดเล็กทำเต้าหู้ เต้าเจี้ยว น้ำมันถั่วเหลือง เป็นต้น ส่วนที่เหลืออีกประมาณร้อยละ 5 จะใช้เพื่อทำพันธุ์ในฤดูปลูกต่อไป

การใช้ถั่วเหลืองในรูปของน้ำมัน น้ำมันถั่วเหลืองที่ได้จากการสกัดของโรงงานสกัดน้ำมันพืช ส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 60 จะบรรจุภาชนะจำหน่ายในท้องตลาดเพื่อการบริโภคภายใน น้ำมันถั่วเหลืองประมารร้อยละ 28 จะใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารทะเลกระป๋อง ส่วนที่เหลืออีกประมาณร้อยละ 12 จะใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมทำสี

การใช้ถั่วเหลืองในรูปของกากถั่วเหลือง กากถั่วเหลืองเป็นผลผลิตภัณฑ์ที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศมากโดยกากถั่วเหลืองทั้งหมดจะเข้าสู่อุตสาหกรรมผลิตอาหารสัตว์ ในปัจจุบันความต้องการภายในเพิ่มขึ้นมาก เพราะอุตสาหกรรมการเลี่ยงสัตว์มีอัตราการขยายตัวอย่างรวดเร็ว รัฐบาลก็มีนโยบายสนับสนุนการส่งออกเนื้อสัตว์ชำแหละและเนื้อสัตว์สำเร็จรูป เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าการส่งออก การผลิตกากถั่วเหลืองเพื่ออุตสาหกรรมอาหารสัตว์ของไทยในปัจจุบันยังผลิตได้ไม่เพียงพอกับความต้องการ มีการนำเข้ากากถั่วเหลืองจากต่างประเทศเข้ามามีมูลค่าไม่ต่ำกว่า 1000 ล้านบาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อเพิ่มความสะดวกและประหยัดในการผลิตน้ำนมถั่วเหลือง

1.2.2 เพื่อเป็นการศึกษาการออกแบบเครื่องผลิตน้ำนมถั่วเหลือง

1.2.3 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องผลิตน้ำนมถั่วเหลือง

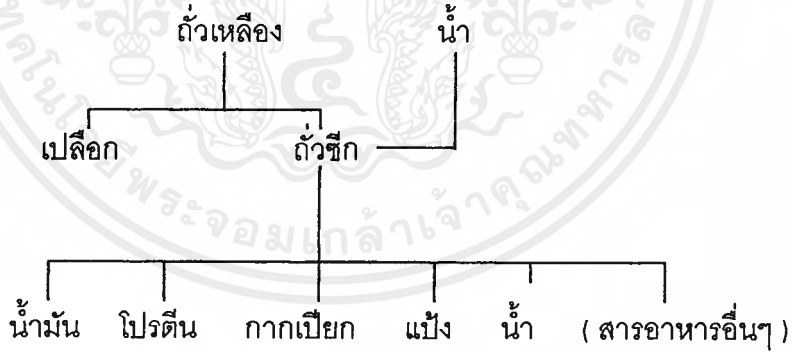
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีหรือหลักการ

2.1 กรรมวิธีการผลิต

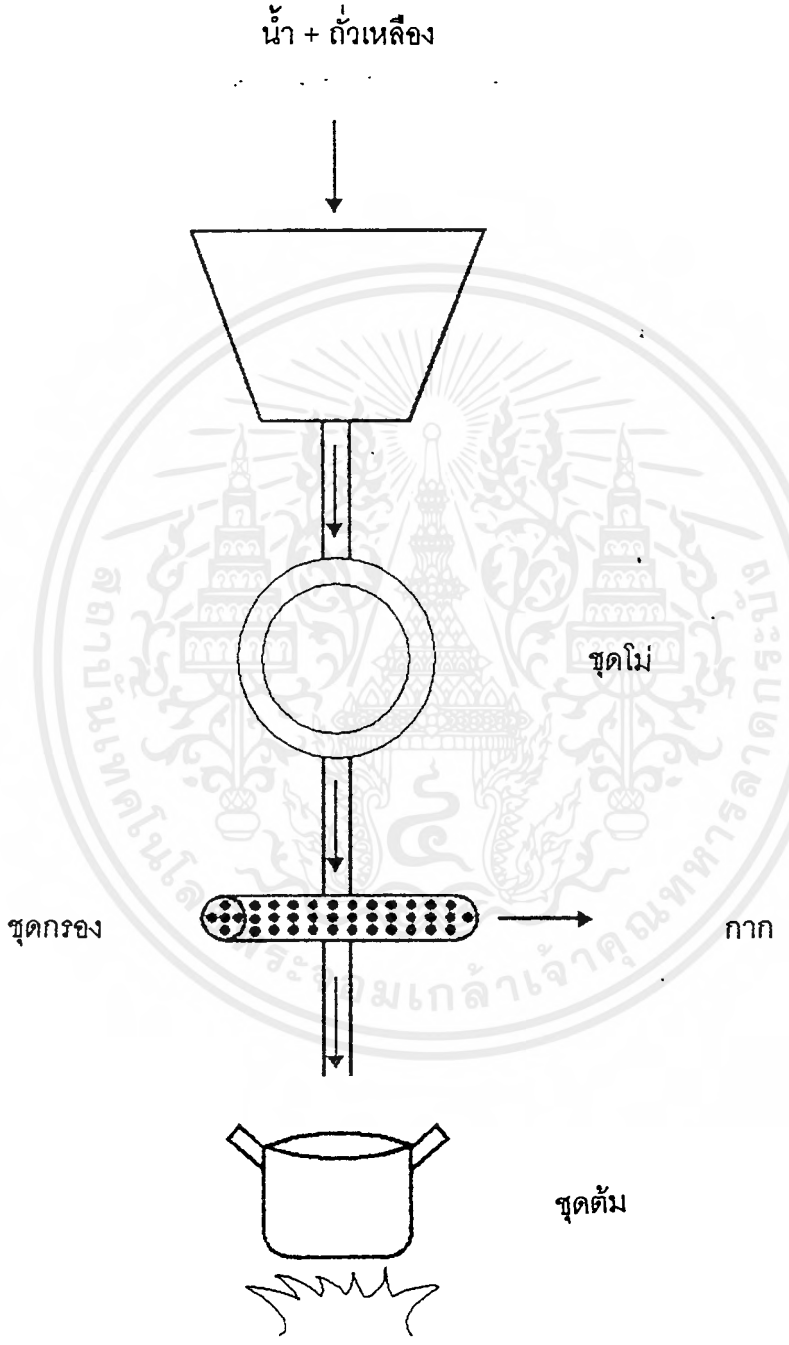
ขบวนการผลิตเริ่มจากการนำเมล็ดถั่วเหลือง ที่ซื้อจากตามท้องตลาดทั่วไป จะมีทั้งแบบผ่าซีกแล้วและแบบเป็นเกล็ด (ดังรูปที่ 2.1) ถ้าแบบผ่าซีกแล้วจะสะดวกในการแช่ โดยจะไม่ต้องแยกเอาเปลือกออกเหมือนแบบเกล็ด แต่ราคาจะต่างกันประมาณ กิโลกรัมละ 1 - 2 บาท

หลังจากนั้นนำมาแช่น้ำ 3 - 4 ชั่วโมง แล้วล้างให้สะอาดแยกเอาเปลือกออก และสิ่งแปลกปลอม หรือ สิ่งสกปรกออก ต่อจากนั้นนำมาใส่ในถังข้างบน (ดังรูป 2.2) โดยมีอัตราส่วนระหว่างน้ำกับถั่วเหลือง 10 : 1 เมื่อเริ่มเดินเครื่องให้เปิดแผ่นเลื่อนออก น้ำกับถั่วเหลืองจะไหลผ่านลงมายังเครื่องโม่ ซึ่งถั่วเหลืองจะถูกบด พร้อมกับคลุกเคล้าไปกับน้ำ ออกมาเป็นถั่วเหลืองบดเหลวที่ทางออก จากนั้นจะไหลผ่านเข้าสู่เครื่องแยกกาก จะทำการแยกกากถั่วเหลืองบดออกจากน้ำนมถั่วเหลือง โดยน้ำนมถั่วเหลืองที่ได้จะนำไปสู่กระบวนการต้ม ด้วยชุดต้มที่อุณหภูมิทางออกหลังจากต้มประมาณ 95 C ซึ่งสามารถฆ่าเชื้อโรคให้ตายได้ และเปลี่ยนแปลงรสชาติกับกลิ่นของน้ำนมถั่วเหลืองที่ได้ พร้อมบริโภคดื่ม



รูปที่ 2.1 **แผนภูมิส่วนประกอบของน้ำนมถั่วเหลือง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.2 ขั้นตอนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ผลิตภัณฑ์อาหารจะได้รับความร้อนจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งแบ่งออกได้เป็น

2.2.1 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น

นิยมใช้กันมากในอุตสาหกรรมนมและเครื่องดื่ม ซึ่งเป็นแผ่นเหล็กปลอดสนิมบางๆ หรือแผ่นไทเทเนียม ซึ่งทนต่อสนิมได้อย่างดี เอามาจัดให้เกิดส่วนนูนส่วนเว้า เพื่อให้ของเหลวไหลแบบเทอร์บูเลนซ์ (turbulence) ซึ่งช่วยให้การถ่ายเทความร้อนดีขึ้นวางประกบกันหลายๆ แผ่น ยึดแน่นด้วยปะเก็น (gaskets) ซึ่งทำจากยางธรรมชาติหรือยางสังเคราะห์เพื่อป้องกันของเหลวผสมกัน ของไหลแต่ละชนิดจะไหลสลับกันไปตามช่องว่างที่เกิดจากการประกบเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งอาจจะไหลขนานกันหรือสวนทางกันก็ได้ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นจะเหมาะสำหรับอาหารเหลวที่มีความหนืดต่ำและถ้ามีอนุภาคของแข็งอยู่ เส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคควรน้อยกว่า 0.3 เซนติเมตร ถ้าอนุภาคใหญ่เกินไปอาจจะติดอยู่ระหว่างแผ่นก่อให้เกิดการไหม้ (burn on) ที่ส่วนให้ความร้อนนั้นก็ได้ ข้อควรระวังในการใช้เครื่องชนิดนี้คือ ของเหลวที่ตกค้างบนผิวของแผ่น เช่น โปรตีนนม อาจก่อให้เกิดตะกรันขึ้น ซึ่งทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนลดลงรวมทั้งความดันลดลงด้วย ซึ่งทำให้กระบวนการต้องหยุดชะงักลง เพื่อทำความสะอาดแผ่น

ข้อดีของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นก็คือ สามารถถอดเป็นแผ่นๆ ออกมาทำความสะอาดได้ทั่วถึง การบำรุงรักษาง่าย และสามารถปรับปริมาณการถ่ายเทความร้อนได้โดยการเพิ่มหรือลดจำนวนแผ่นถ่ายเทความร้อน

2.2.2 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบใส่ไอน้ำเข้าไป

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้ จะมีการสัมผัสโดยตรงระหว่างไอน้ำและผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในสถานะของเหลวจะถูกปั๊มขึ้นไปยังส่วนบนของเครื่อง แล้วไหลลงมาในลักษณะแผ่นบางๆ ในส่วนให้ความร้อน ความหนืดของผลิตภัณฑ์จะเป็นตัวกำหนดขนาดของตัวแผ่ (spreader) แล้วผลิตภัณฑ์ที่มีของแข็งปนอยู่บ้าง เช่น ผัก เนื้อ หรือข้าวอยู่ก็สามารถใช้ตัวแผ่ที่ออกแบบมาโดยพิเศษ อัตราการถ่ายเทความร้อนจะสูงเมื่อไอน้ำสัมผัสกับหยดเล็กๆ ของอาหาร ทำให้อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการควบแน่นของไอน้ำ ผลิตภัณฑ์ที่ร้อนขึ้นกับไอน้ำที่ควบแน่นจะออกจากเครื่องทางด้านล่าง โดยมีปริมาณของเหลวจำนวนหนึ่งอยู่ที่ด้านล่างของเครื่องเพื่อให้ได้การต้มตามต้องการ น้ำที่เพิ่มขึ้นจากการควบแน่นของไอน้ำ บางครั้งก็เป็นสิ่งที่ต้องการ ในกรณีที่กระบวนการทั้งหมดต้องการความชื้นเพิ่มขึ้น แต่เราสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำจัดออกไปโดยการ " flashed off " โดยปั๊มของเหลวร้อนนี้เข้าไปในระบบทำให้เย็นภายใต้สุญญากาศ ปริมาณน้ำดังกล่าวนี้สามารถคำนวณได้ โดยวัดอุณหภูมิที่เข้าสู่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน และอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ที่ออกจากเครื่องทำให้เย็นภายใต้สุญญากาศเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้ นิยมใช้ในการต้มหรือฆ่าเชื้ออาหารหลายชนิด เช่น ซุปเข้มข้น ช็อกโกแลต และนม เป็นต้น

2.2.3 เครื่องผลิตน้ำนมถั่วเหลืองของไต้หวัน

โดยถั่วเหลืองและน้ำจะถูกบดโดยโม่หินจากนั้นจะไหลเข้าไปยังถังความดัน และกากจะถูกแยกออกอีกช่องทางหนึ่ง โดยถังความดันจะมีคอยล์ (coil) ให้ความร้อน โดยคอยล์จะได้ความร้อนจากหม้อต้ม (boiler) โดยหม้อต้มจะได้ความร้อนจาก heater อีกที ถังความดันจะถูกให้ความร้อนเพื่อที่จะต้มน้ำนมถั่วเหลือง เมื่อต้มน้ำนมถั่วเหลืองจนสุก น้ำนมถั่วเหลืองจะไหลออกทางวาล์วออกของน้ำนมถั่วเหลือง ซึ่งราคาของเครื่องนี้จะมีราคาค่อนข้างที่จะแพงพอสมควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การทำความสะอาดเครื่องผลิตน้ำนมถั่วเหลือง

ผลผลิตโดยมวลและการกระจายตัวของนมและผลผลิตนม หมายถึง การรวมเป็นปริมาณมากของเงินที่เป็นความเสี่ยงที่ข้อผิดพลาดเพียงอย่างเดียวในการอำความสะอาด สามารถนำไปสู่การเน่าเสียในปริมาณมากๆ การปฏิเสธในตัวสินค้าโดยผู้บริโภค หรือการระบาดของพิษในอาหาร

นมมีลักษณะเป็นไขซึ่งประกอบด้วยแร่ธาตุและสารอินทรีย์บางส่วนขององค์ประกอบของนมจะถูกดูดซึมเข้าไปในผิวแต่ส่วนมากจะหลงเหลือติดอยู่ที่ผิว

2.3.1 น้ำ

คุณภาพของน้ำเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่ถูกมองข้ามบ่อยๆ น้ำที่ใช้ในการทำความสะอาดควรที่จะดื่มได้ นั่นคือจะไม่มีส่วนประกอบทางเคมีในจำนวนที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ

การเตรียมสารละลายของน้ำยาล้างกับน้ำควรที่จะผสมเจือจางถ้ามีการก่อตัวในขณะที่ต้มน้ำยาล้างนั้นจะไม่เหมาะสม ในหลายกรณีที่สารละลายจะกลายเป็นหมอกในขณะที่ให้ความร้อน ถึงแม้ว่าจะไม่จำเป็นที่จะชี้ให้เห็นว่าน้ำยาล้างนั้นไม่เหมาะสมซึ่งผลของมันควรที่จะสังเกตอย่างระมัดระวังขณะที่ตกตะกอนเป็นสีขาวเทาซึ่งจะจับตัวที่สแตนเลส

2.3.2 ผงซักฟอก

เป็นอุปกรณ์ที่จะช่วยลดการทำงานที่จะทำความสะอาด ผงซักฟอกที่ดีควรที่จะละลายในน้ำได้ดีและไม่กัดกร่อนผิวโลหะและเป็นการประหยัด และไม่เป็นพิษและลดผลทางชีวะ

ในขณะนี้ยังไม่มีการพัฒนาเพื่อที่จะสามารถเป็นน้ำยาล้างได้ทุกประเภท

2.3.3 การฆ่าเชื้อโรค

การฆ่าเชื้อโรค คือองค์ประกอบทางเคมีซึ่งจะถูกลดลงเพื่อที่จะไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและคุณภาพของผลิตภัณฑ์

การสเตอริไรซ์จะถูกใช้เพื่อทำการฆ่าเชื้อเพราะเป็นการทำลายสิ่งมีชีวิตรวมทั้งแบคทีเรียและรารวมทั้งไม่ให้ไวรัสทำปฏิกิริยาได้

การฆ่าเชื้อโรคควรพิจารณาดังนี้

- พิจารณาสุขอนามัย
- ความเป็นพิษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สามารถละลายในน้ำได้
- ไม่เป็นพิษในมนุษย์
- ควรที่จะประหยัด และ มีการก่อตัวที่คงตัว
- ควรที่จะไม่กัดกร่อนผิวโลหะ
- สามารถทำความสะอาดได้

ซึ่งประสิทธิภาพของการฆ่าเชื้อโรคจะขึ้นกับความเข้มข้น อุณหภูมิ และเวลา

2.3.4 **ไอน้ำ**

สามารถใช้ในความดันบรรยากาศ ปกติจะใช้เวลา 10-15 นาทีหลังจากควบแน่นที่อุณหภูมิ 85°C ซึ่งไอน้ำจะสามารถฆ่าเชื้อโรคได้ดีแต่ไม่สะดวกในการใช้รวมทั้งมีราคาแพง

2.3.5 น้ำร้อน

น้ำร้อนซึ่งสามารถให้ไหลผ่านเป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 85°C หรือ 20 นาทีที่อุณหภูมิ 80C

2.3.6 การทำความสะอาดภายในท่อขด

การทำความสะอาดภายในท่อขดซึ่งจะมีคราบนมติดอยู่ที่ผิวของท่อ ดังนั้นจะต้องล้างด้วยกรดไนตริกผสมกับน้ำเข้มข้น 1 % อย่างน้อยครั้งหนึ่ง จากนั้นล้างด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ผสมกับน้ำเข้มข้น 1 % อย่างน้อย 2 - 3 รอบ ต่อจากนั้นล้างด้วยน้ำร้อน 2 - 3 ครั้ง

2.3.7 การทำความสะอาดส่วนอื่นๆ ของเครื่อง

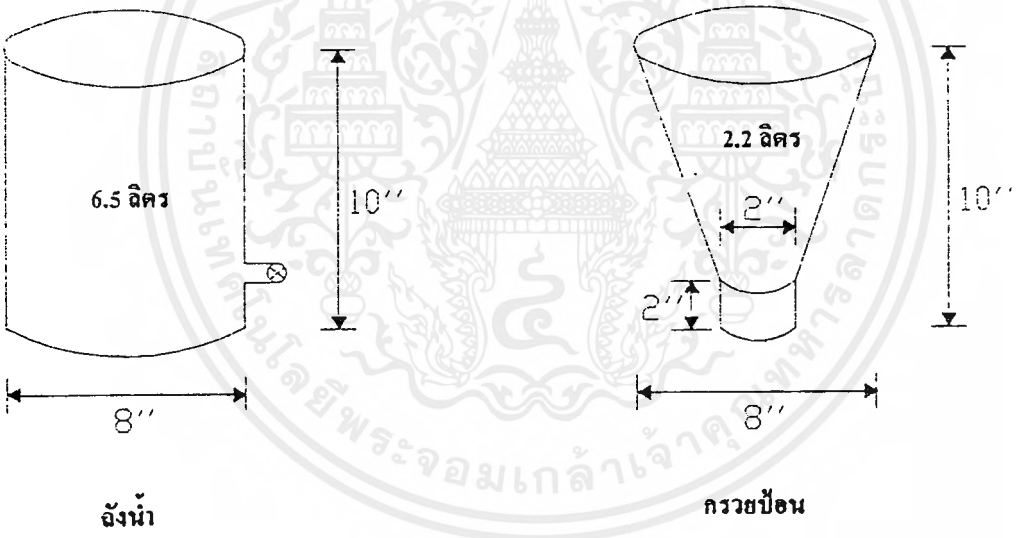
เราสามารถที่จะใช้น้ำยาทำความสะอาด หรือ ผงซักฟอกทำความสะอาดส่วนของเครื่องที่ไม่เกี่ยวกับกระบวนการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองได้ เช่น โครงเหล็กของเครื่องเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การคำนวณและการสร้าง

3.1 ถังน้ำและถังพักถั่วเหลือง

ถังน้ำทำจากสแตนเลสจะวางอยู่บนสุด แล้วจะมีวาล์วคอยปรับปริมาณน้ำที่ไหลออกให้สัมพันธ์กันกับเมล็ดถั่วเหลือง ที่ใส่ไว้ในกรวยป้อนถั่วเหลืองซึ่งทำจากแผ่นสแตนเลสมีแผ่นเลื่อนที่คอยปรับปริมาณถั่วเหลืองให้ไหลไปยังเครื่องโม่เพื่อผสมกัน (ดังรูปที่3.1)

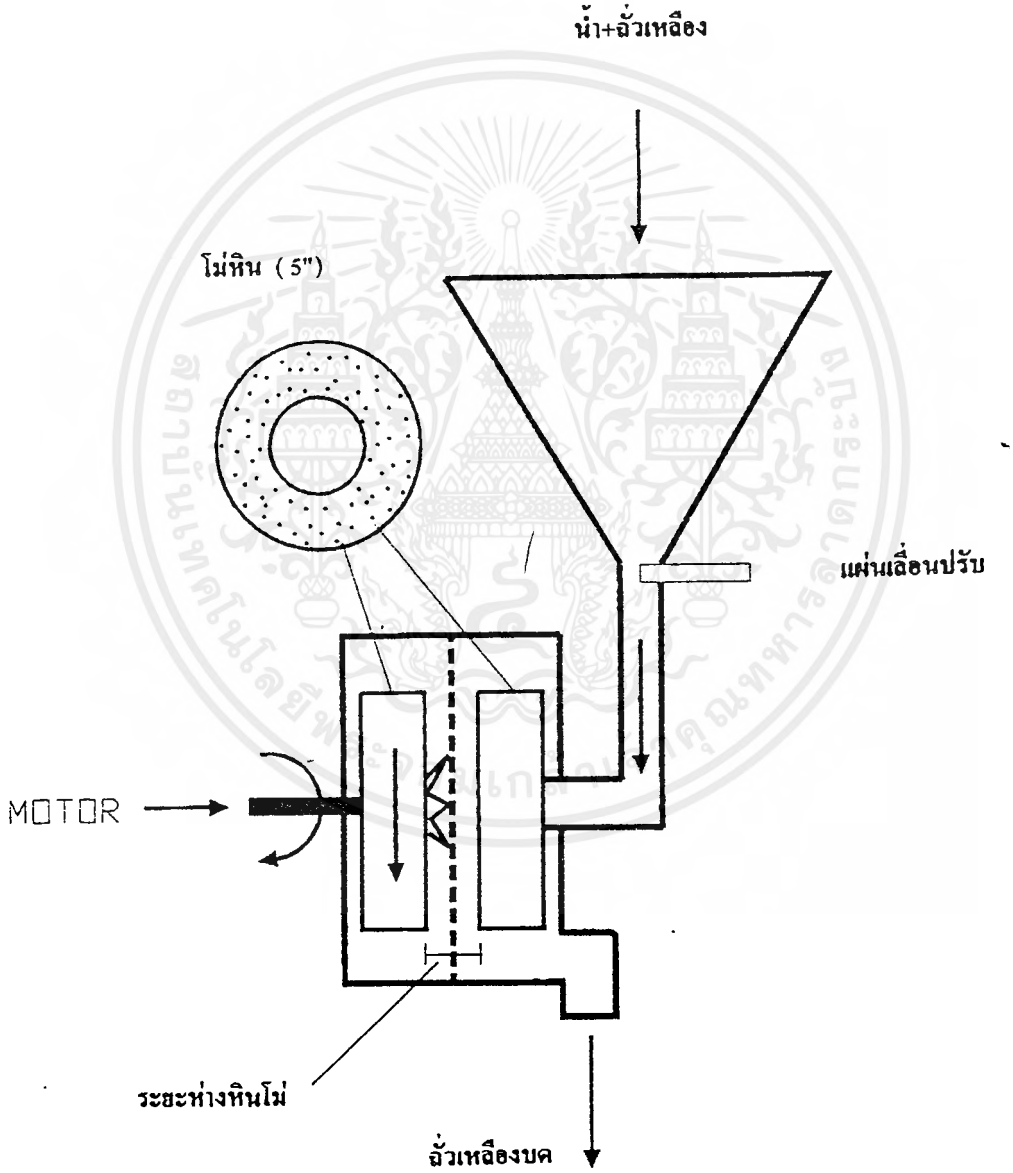


รูปที่ 3.1 ถังน้ำและกรวยป้อนถั่วเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ชุดโม่

ชุดโม่ประกอบด้วยจานหิน 2 จาน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว โดยจานหนึ่งยึดติดกับฝาปิดขยับเข้าชิดกับจานหินที่อยู่กับที่ โดยการขยับแกนเพลา เพื่อให้สามารถบดถั่วให้ละเอียด โดยได้รับกำลังขับจากสายพาน โดยใช้ความเร็วรอบโม่หิน 1200 รอบต่อนาที (ดังรูปที่3.2)

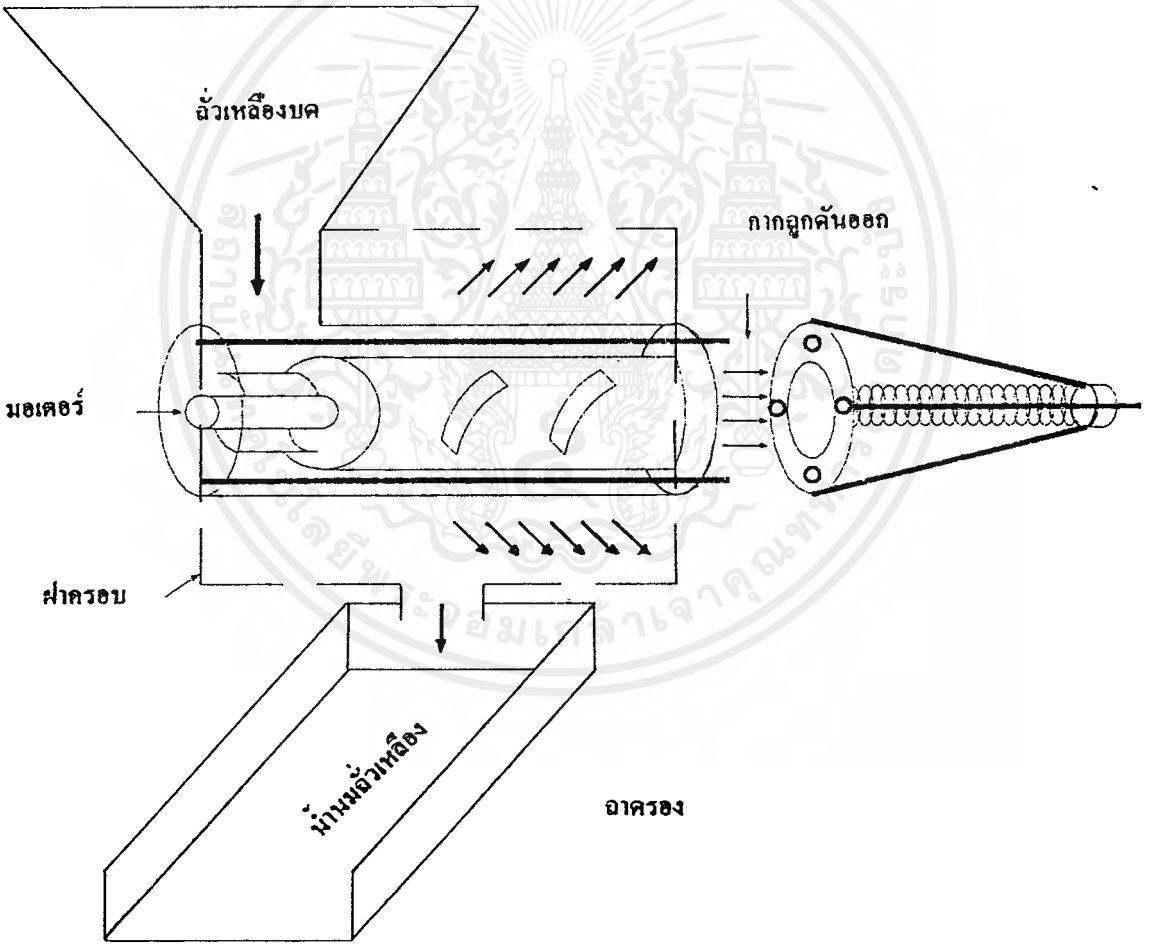


รูปที่ 3.2 ชุดโม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

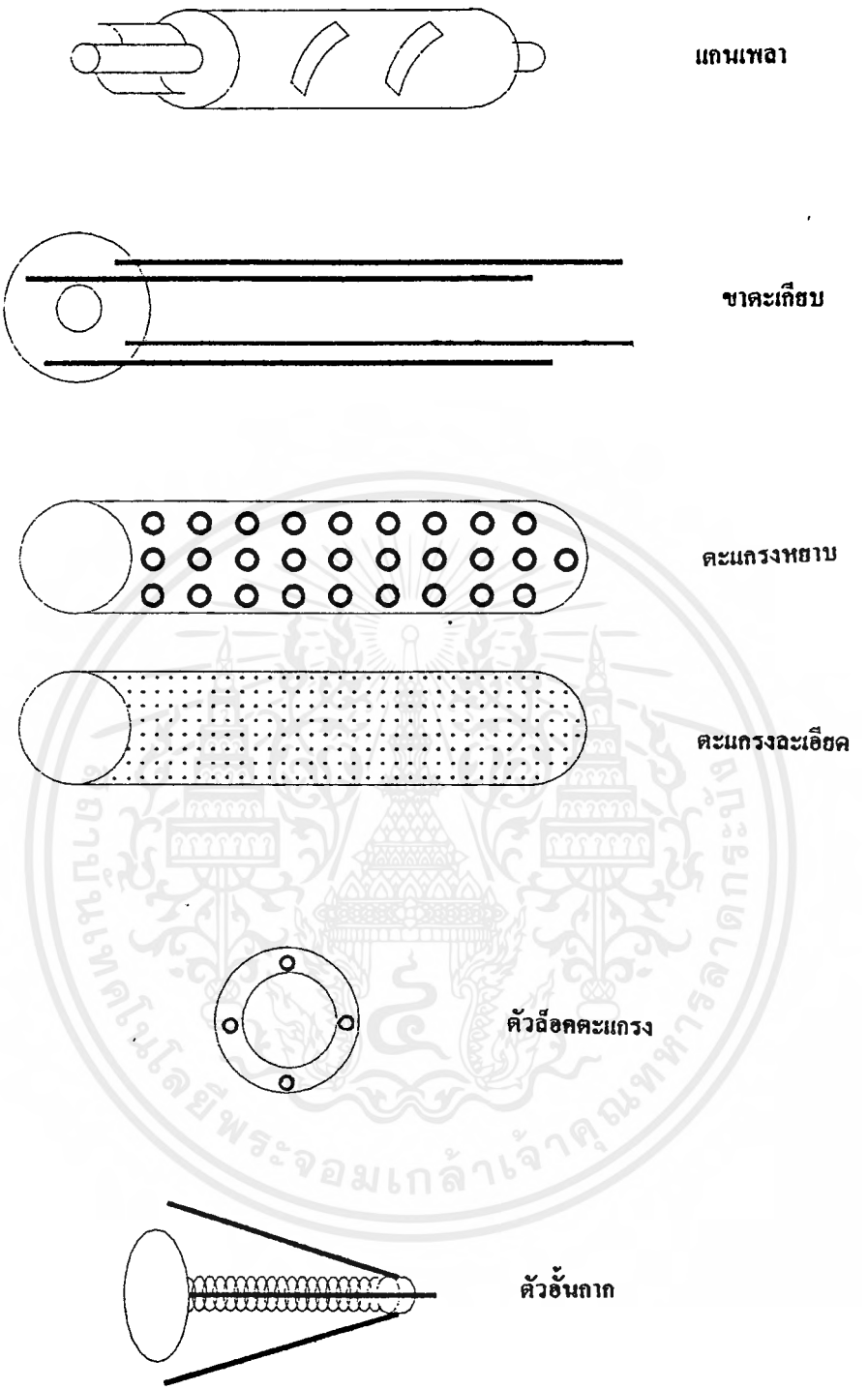
3.3 ชุดกรอง

ชุดกรองประกอบด้วยกรวยป้อน เกลียวอัด ตะแกรงแยกกาก และแผ่นควบคุมการไหลของกาก ตะแกรงแยกกาก เป็นตะแกรงทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 เซ็นติเมตร ยาว 22 เซ็นติเมตร รูตะแกรงแยกกากขนาด 5 มิลลิเมตร ภายในบุด้วยตะแกรงสแตนเลสขนาด 120 เมช เพื่อกรองแยกกากถั่วออกจากน้ำนมถั่วเหลือง ภายในตะแกรงทรงกระบอกมีชุดเกลียวอัดลำเลียงกาก ทำด้วยสแตนเลสยึดติดกับใบกวาดลำเลียง โดยวางเอียงทำมุม 16 องศา ที่ปลายทางออกของตะแกรงจะมีแผ่นควบคุมการไหลของกากขนาด 12 เซ็นติเมตร ปิดหน้าแปลนยึดตะแกรงกรอง การควบคุมการไหลกาก และความแห้งของกากสามารถทำโดยการปรับแรงดันของสปริงที่ติดอยู่ที่แผ่นควบคุมการไหลของกาก ส่วนน้ำนมถั่วเหลืองจะไหลสู่ถาดพื้นเอียงลงสู่ภาชนะรองรับต่อไป โดยความเร็วรอบของชุดกรองที่ 720 รอบต่อนาที (ดังรูปที่3.3)



รูปที่ 3.3 ชุดกรอง (ลักษณะการทำงาน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



<u>รูปที่ 3.4</u> ส่วนประกอบชุดกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 เหล็กฉากสำหรับทำโครงสร้าง

ซึ่งกำหนดขนาดไว้ กว้าง 60 เซ็นติเมตร ยาว 80 เซ็นติเมตร สูง 110 เซ็นติเมตร ที่ฐานติดล้อสำหรับสะดวกต่อการเคลื่อนย้าย จำนวน 4 ล้อ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว

3.5 มอเตอร์

เลือกใช้มอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า ใช้ไฟกระแสตรง (DC) ความเร็วรอบ 1,440 รอบต่อนาที เพื่อใช้ขับชุดโม่ และชุดกรอง

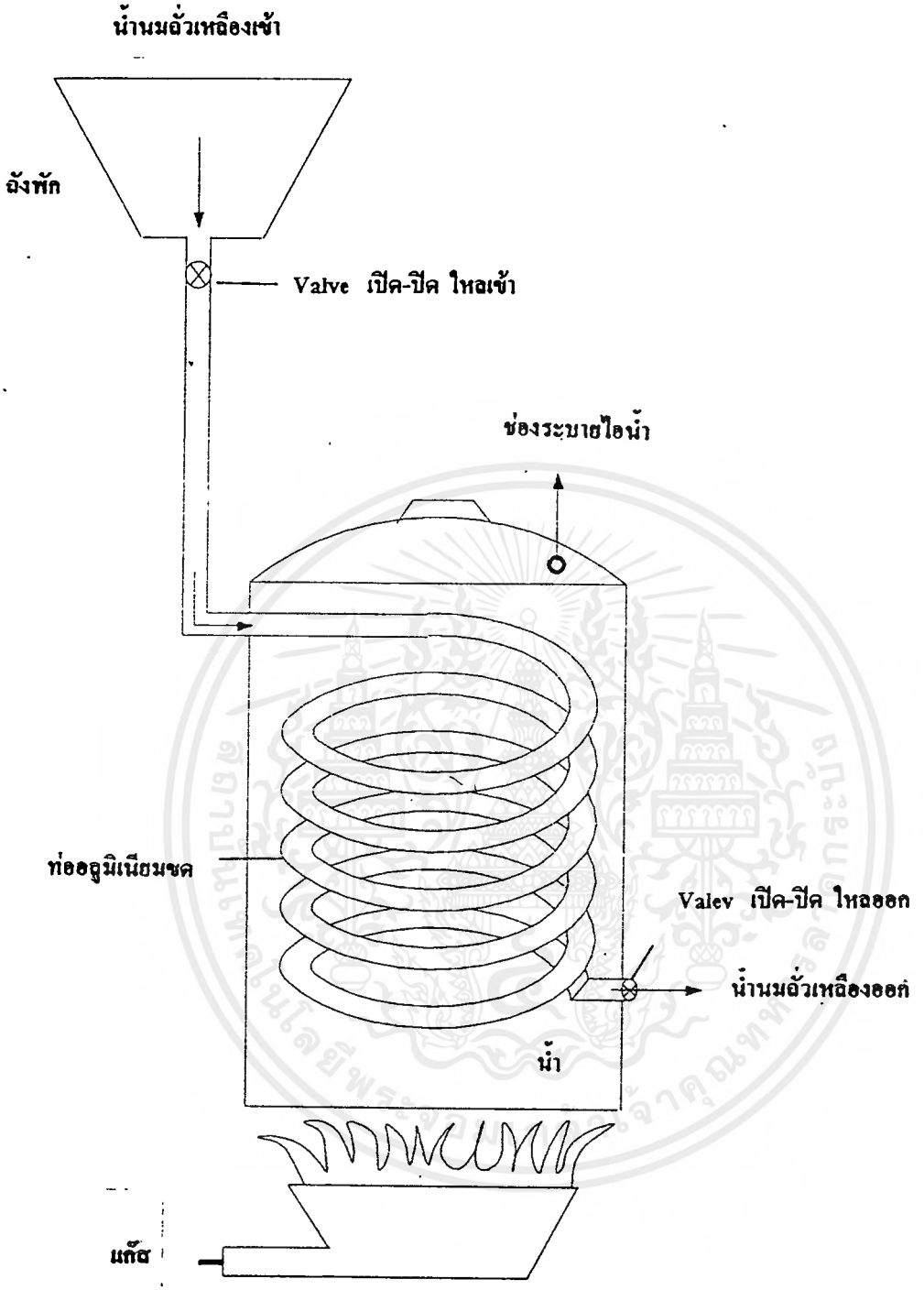
3.6 ถังแก๊สและหัวแก๊ส

ถังแก๊สจะวางอยู่ด้านนอกของโครงเหล็ก ส่วนหัวแก๊สจะวางอยู่ข้างใต้ของชุดต้ม และมีสายแก๊สต่อจากถังแก๊สไปยังหัวแก๊ส

3.7 ชุดต้ม

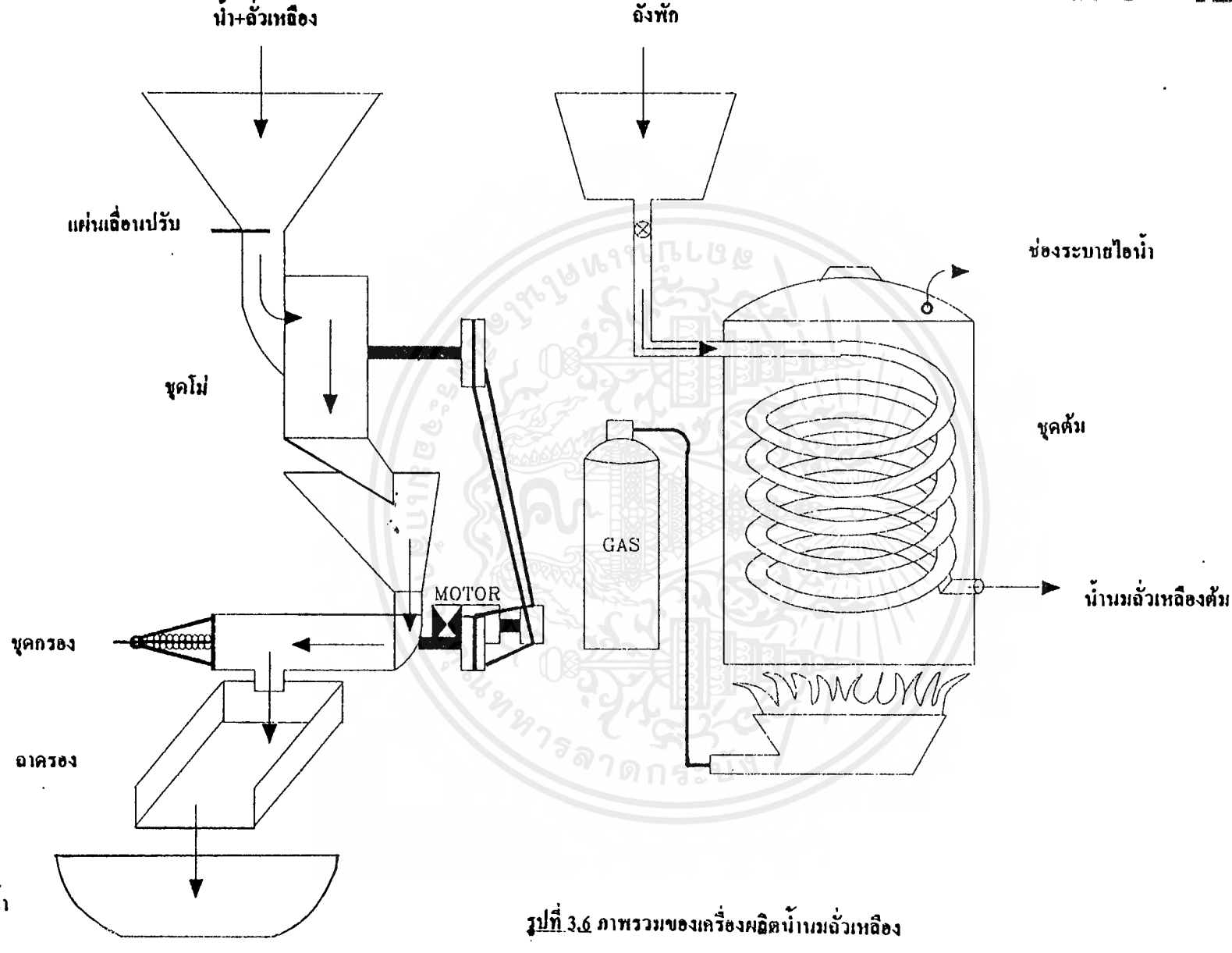
ชุดต้มประกอบด้วย ถังป้อนน้ำนมถั่วเหลืองมีปริมาตรประมาณ 7 ลิตร ท่ออะลูมิเนียมตรง ยาว50 เซ็นติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 3/8 นิ้ว ท่อขดอะลูมิเนียม ยาว 12 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 3/8 นิ้ว ถังต้มน้ำสแตนเลสขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซ็นติเมตร สูง 60 เซ็นติเมตร มีฝาปิดเจาะรูขนาดเล็ก 1 รู ในการต้มจะใช้วิธีแบบพาสเจอร์ไรซ์โดยใส่น้ำให้ท่วมท่อขดอะลูมิเนียม แล้วต้มจนเดือด จากนั้นนำน้ำนมถั่วเหลืองดิบที่ได้มาไหลผ่านท่อขด และออกมามีอุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส (ดังรูปที่ 3.5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ชุดต้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ภาพรวมของเครื่องผลิตน้ำนมถั่วเหลือง

3.8 การคำนวณหาความยาวท่อในส่วนของระบบการต้ม

- จากวิธีการทดลองหาค่า C_p ของน้ำนมถั่วเหลือง ที่ได้แสดงไว้ในภาคผนวก จะได้ค่า C_p ของน้ำนมถั่วเหลือง = 3.8456 KJ/kg.k

วิธีการหาความยาวท่อในส่วนของระบบการต้ม มีดังนี้

1) หาค่า ส.ป.ส. การพาความร้อนของน้ำนมถั่วเหลือง (h_i)

- ใช้คุณสมบัติน้ำนมถั่วเหลืองโดยประมาณจาก คุณสมบัติของน้ำที่อุณหภูมิ 275 k
- จาก Table A.6 (ตารางคุณสมบัติของน้ำอิ่มตัว) ที่อุณหภูมิ 275 k

จะได้ $p_f = 1/v_f = 1{,}000$ Kg/m^3

$c_{p,f} = 4.211$ KJ/kg.k

$= 4211$ J/kg.k

$u_f = 1{,}652*10^{-6}$ N.S/m^2

$Pr_f = 12.22$

$k_f = 574*10^{-3}$ W/m.k

และ $m = 0.0285$ kg/s (ค่าอัตราการไหลได้จากการทดลอง)

$D = 0.94*10^{-2}$ m (3 หุน) (เส้นผ่านศ.ก.ของท่อ)

-หาค่า Red, $Red = 4m/3.14*Du_f$

แทนค่า $= 4*0.0285/(3.14*0.94*10^{-2}*1652*10^{-6})$

$= 2{,}336$

เพราะเหตุว่า ค่า Red= 2,336 > 2,300 จึงเป็นการไหลแบบ Turbulen จาก

$X_{fd,t}/D = 10$ (เชิงความร้อน , ไหลแบบ Turbulent) (5)

จะได้ $X_{fd,t} = 10*D = 0.094$ m

จะเห็นว่า ระยะ entry length ($X_{fd,t}$) เมื่อเทียบกับความยาวท่อที่ใช้ จะมีค่าน้อยมาก ดังนั้นการไหลส่วนใหญ่ในท่อจึงเป็นแบบ fully - Developed

- เนื่องจากอุณหภูมิที่ผ่าท่อได้รับความร้อนคงที่ (T_s = constant) และการไหลเป็นแบบ fully - Developed

หา , $\overline{Nud}$, $\overline{Nud} = 0.023\,Red^{4/5}Pr^{0.3}$

แทนค่า $= 0.023*(2{,}336)^{4/5}(12.22)^{0.3} = 24$

-หา ส.ป.ส. การพาความร้อนของน้ำนมถั่วเหลือง (h_i)

$h_i = \overline{Nud}*k/D$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$= 24*574*10^{-3}/0.94*10^{-2}$

$= 1,465\ W/m^2.k$ #

จะได้ ส.ป.ส.การพาความร้อนของน้ำนมถั่วเหลือง $= 1,465\ W/m^2.k$ #

2) หาค่า ส.ป.ส. การพาความร้อนของน้ำเดือด (h_o)

<u>กำหนด</u>

- อุณหภูมิอิ่มตัวของน้ำ (Tsat) = 100 c°
- อุณหภูมิที่ผิว (Ts) = 115 c°

จาก Table A.6 (ตารางคุณสมบัติของน้ำอิ่มตัว) ที่อุณหภูมิ 373° k (100 c°)

จะได้

$p_l = 1/v_f$	$= 957.9$	kg/m^3
$c_{p,l} = c_{p,f}$	$= 4.217$	KJ/kg.k
	$= 4,217$	J/kg.k
$u_l = u_f$	$= 279*10^{-6}$	$N.S/m^2$
$Pr_l = Pr_f$	$= 1.76$	
h_{fg}	$= 2,257$	KJ/kg
6_f (surface tension)	$= 58.9*10^{-3}$	N/m
ไอน้ำ (100 C) $p_v = 1/v_g$	$= 0.5955$	kg/m^3

- excess temperature (Te)

Te = Ts - Tsat

= 115 -100 = 15 C

- หาอัตราการถ่ายเทความร้อนที่พื้นถัง ถ่ายเทให้กับน้ำเดือด

จาก $q''_s = u_f h_{fg}[g(p_l - p_v/6)]^{0.5}[c_{p,l}\ Te/c_{s,f}h_{fg}Pr_l^n]^3$

(ใช้ในย่าน Nucleate Pool Boiling ซึ่งมีอัตราการถ่ายเทความร้อนและ ส.ป.ส. การพาความร้อนสูง และจะถ่ายเทโดยตรงระหว่างพื้นผิวกับของเหลวที่เคลื่อนที่ เดือดเป็นฟอง)

จาก Table 10.1 สำหรับ water-Aluminium (Assume จาก water-Stainless steel)

จะได้ n = 1.0 และ $c_{s,f} = 0.013$

แทนค่าจะได้

$q''_s = (279*10^{-6})*(2,257*10^3)*[(9.8)*(957.9-0.5955)/58.9*10^{-3}]^{0.5} *$

$[4,217*15/(0.013*2,257*10^3*1.76)]^3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

038643

$= 462,694 \quad W/m^2$

- หา h_o

$$h_o = q''_s/\Delta Te$$

$$= 462,694/15$$

$$= 30,846 \ W/m^2.k \ \#$$

จะได้ส.ป.ส. การพาความร้อนของน้ำเดือด = 30,846 $W/m^2.k$ #

- หาอัตราการถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำนมถั่วเหลือง(q)

กำหนดให้ อุณหภูมิของน้ำนมถั่วเหลืองที่ออกจากท่อ (T_{mo}) = 95 C

อุณหภูมิของน้ำนมถั่วเหลืองที่เข้าท่อ (T_{mi}) = 25 C

แทนค่า

$$q = m^*c_p(T_{mo} - T_{mi})$$

$$= 0.0285^*(4,211)^*(95-25)$$

$$= 8,400.945 \ W$$

<u>คิดการไหลเป็นแบบ Counter flow</u>

$$\Delta T1 = T_{si} - T_{mo} = 100 - 95 = 5 \ C$$

$$\Delta T2 = T_{so} - T_{mi} = 100 - 25 = 75 \ C$$

จาก $\Delta T_{lm} = \Delta T2 - \Delta T1/\ln(\Delta T2/\Delta T1)$

$= (75 - 5) / \ln(75/5) = 25.83$

หา U, จากสูตร $1/UA = 1/h_iA + X/KA + 1/h_oA$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจาก ค่า X (ค่าความหนาของท่อ) มีค่าน้อยมากเมื่อมากเมื่อเทียบกับความยาวของท่อ เพราะฉะนั้นสามารถตัดทิ้งได้

จะได้ $U = \frac{1}{1/h_i + 1/h_o}$

$= \frac{1}{1/1465 + 1/30,846}$

$= 1,398$

หาความยาวท่อ (L), จากสูตร $q = UA\Delta T_{lm}$: $A = 3.14*D*L$

$L = q / (U*\Delta T_{lm}*3.14*D)$

$L = 8400.945/(1,398*25.83*3.14*0.94*10^{-2})$

$L = 8.82$ m ###

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

(ทดลองโดยใช้ถั่วเหลือง 6 กิโลกรัม ต่อน้ำ 60 ลิตร)

4.1 วิธีการทดลอง

1. แช่ถั่วเหลืองไว้ล่วงหน้า 3-4 ชั่วโมง
2. ต้มน้ำให้เดือดประมาณ 1 ชั่วโมง
3. ลองเดินเครื่องกับน้ำสะอาดเพื่อล้างเครื่อง
4. เตรียมใส่ถั่วเหลือง 1 กิโลกรัม ต่อ น้ำ 10 ลิตร จนครบ 6 กิโลกรัม
5. จับเวลาทั้งหมดหลังจากโม่และกรอง จนได้น้ำถั่วเหลืองออกมาครบตามข้อ 3.
6. นำน้ำนมถั่วเหลืองที่ได้ไปชั่งทั้งหมด
7. นำไปใส่ถังพักครั้งละ 5 กิโลกรัม จนครบ
8. จับเวลาระหว่างน้ำถั่วเหลืองเริ่มไหลจนถึงทางออก ประมาณ 17-18 วินาที
9. จับเวลาในการต้มทั้งหมด
10. วัดอุณหภูมิของน้ำถั่วเหลืองต้มทั้งหมด
11. กากถั่วเหลืองทั้งหมดประมาณ 10 กิโลกรัม
12. ล้างและทำความสะอาดเครื่องประมาณ 40 นาที และวิธีล้างในบทที่ 2

4.2 ผลการทดลอง

4.1.1 ใช้เวลาทั้งสิ้นตลอดการผลิตน้ำนมถั่วเหลือง 2 ชั่วโมง

- เวลาในการโม่และการกรอง ประมาณ 45 นาที
- เวลาในการต้ม ประมาณ 60 นาที
- เวลาเบ็ดเตล็ด ประมาณ 15 นาที

4.1.2 อัตราการไหลเฉลี่ยทั้งสิ้น 0.5 ลิตรต่อนาที

- อัตราการไหลในส่วนกรอง ประมาณ 1.5 ลิตรต่อนาที
- อัตราการไหลในส่วนต้ม ประมาณ 1.5 ลิตรต่อนาที

4.1.3 อุณหภูมิ

- ประมาณให้น้ำนมถั่วเหลืองและน้ำก่อนต้มมีอุณหภูมิ 25 $^{\circ}$ C
- น้ำนมถั่วเหลืองที่ไหลออกจากท่อขดมีอุณหภูมิประมาณ 97-100 $^{\circ}$ C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

5.1 วิเคราะห์อัตราผลตอบแทนต่อปีของเครื่องและจุดคุ้มทุน

5.1.1 มีรายละเอียดของเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายดังนี้

1. ราคาเครื่อง		15,000 บาท
2. มูลค่าซาก		2,000 บาท
3. อายุการใช้งาน		5 ปี
4. ค่าซ่อมบำรุงเมื่อสิ้นปี		
	ที่ 1	500 บาท
	เพิ่มปีละ	200 บาท
5. เครื่องใช้งาน		3 ช.ม./ วัน
6. ใช้แรงงานในการผลิต		1 คน
7. ใช้แรงงานในการขาย		1 คน
8. ใช้แก๊สต้ม		2 ช.ม./ วัน
9. มอเตอร์	ขนาด	2 แรงม้า
	ประสิทธิภาพ	70 %
10. ราคาขายน้ำถั่วเหลือง		3.5 บาท/ถุง
	1 ลิตร มี	4 ถุง
11. ผลิตน้ำถั่วเหลือง		60 ลิตร/วัน
12. จำนวนวันผลิต		365 วัน/ปี
13. ใช้ถั่วเหลือง		6 ก.ก./วัน
	ราคา	30 บาท/ก.ก.
14. ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย		2 บาท/หน่วย
15. ค่าแก๊ส		20 บาท/ช.ม.
16. ค่าแรงงาน		20 บาท/ช.ม.
17. ค่าถุง		20 บาท/วัน
18. ใช้น้ำตาล		5 ก.ก./วัน
	กิโลกรัมละ	15 บาท

5.1.2 ต้นทุนคงที่ (คิดค่าเสื่อมแบบทุนจม)

ค่าเสื่อมราคา + ดอกเบี้ย = $P(A/P,i\%,n) - L(A/F,i\%,n)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

P(A/P,10%,5) - L(A/F,10%,5) = 15,000(0.26380) - 2,000(0.16380)

= **3,629** บาท / ปี

5.1.3 ต้นทุนแปรผัน

ค่าซ่อมบำรุงต่อปี = 500+200(A/G,10%,5)

เปิดตาราง(GUSF)ภาคผนวก (จ.) ได้ (A/G,10%,5) = 1.81

= 500+200(1.81)

= 862 บาท/ปี

ค่าแรงในการผลิต = 20 บาท/hr * 3 hr/วัน * 365 วัน/ปี

= 21,900 บาท/ปี

ค่าแรงในการขาย = 20 บาท/hr * 3 hr/วัน * 365 วัน/ปี

= 21,900 บาท/ปี

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

= 2,288 บาท/ปี

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

= 14,600 บาท/ปี

ค่าถั่วเหลือง = 6 kg/วัน * 365 วัน/ปี * 30 บาท/kg

= 65,700 บาท/ปี

ค่าน้ำตาล = 5 kg/วัน * 15 บาท/kg * 365 วัน/ปี

= 27,375 บาท/ปี

ค่าถุง = 20 บาท/วัน * 365 วัน/ปี

= 7,300 บาท/ปี

ต้นทุนแปรผันรวม = **162,655** บาท/ปี

ต้นทุนทั้งหมด = 3,629+162,655

= **166,284** บาท/ปี

รายได้จากการขาย = 3.5 บาท/ถุง * 4 ถุง/ลิตร * 60 ลิตร/วัน * 365 * วัน/ปี

= **306,600** บาท/ปี

กำไรสุทธิ = 306,600 - 166,284

= **140,284** บาท/ปี

ดังนั้น อัตราผลตอบแทนต่อปี = (กำไรสุทธิ * 100)/เงินลงทุนทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

= (140,316 * 100)/166,284 %

= **84.4 % #.**

5.2 เปรียบเทียบจุดคุ้มทุน (BEP : Break Event Point) กับคนผลิต

ให้ N = จำนวนวันที่ใช้ในการผลิต (วัน/ปี)

5.2.1 กรณีใช้เครื่องผลิต

ต้นทุนคงที่ = **3,629** บาท/ปี

ต้นทุนแปรผัน ได้แก่

ค่าซ่อมบำรุง	=	862 บาท/ปี
ค่าแรงการผลิต = 20 * 3 * N	=	60N บาท/ปี
ค่าแรงการขาย = 20 * 3 * N	=	60N บาท/ปี
ค่าไฟฟ้า = 2 * 0.746 * 0.7 * 3 * N * 2	=	6.26N บาท/ปี
ค่าแก๊ส = 20 * 2 * N	=	40N บาท/ปี
ค่าถั่วเหลือง	=	65,700 บาท/ปี
ค่าน้ำตาล	=	27,375 บาท/ปี
ค่าถุง	=	7,300 บาท/ปี

ต้นทุนแปรผันรวม = 862+60N+60N+40N+6.26N+65,700+27,375+7,300

= **166.26N+101,237** บาท/ปี

ต้นทุนทั้งหมด = 3,629+166.26N+101,237

= **166.26N+104,866** บาท/ปี

5.2.2 กรณีใช้คนผลิต

1. ใช้แรงงานในการผลิต 1 คน
2. ใช้แรงงานในการขาย 1 คน
3. ใช้เวลาผลิต 5 hr/วัน
4. ใช้เวลาการขาย 3 hr/วัน
5. ใช้แก๊สต้ม 2 hr/วัน

ต้นทุนแปรผัน

ค่าแก๊ส = 20 * 2 * N	=	40N บาท/ปี
ค่าแรงการผลิต = 20 * 5 * N	=	100N บาท/ปี
ค่าแรงการขาย = 20 * 3 * N	=	60N บาท/ปี
ค่าถั่วเหลือง	=	65,700 บาท/ปี
ค่าน้ำตาล	=	27,375 บาท/ปี
ค่าถุง	=	7,300 บาท/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้นทุนทั้งหมด = **200N+100,375** บาท/ปี

BEP(เครื่อง) = BEP(คน)

166.26N+104,866 = 200N+100,375

4,491 = 33.74N

= **133** วัน/ปี #.

ดังนั้น ถ้าทำการขายมากกว่า **133** วัน ควรเลือกใช้เครื่องผลิตน้ำนมถั่วเหลือง

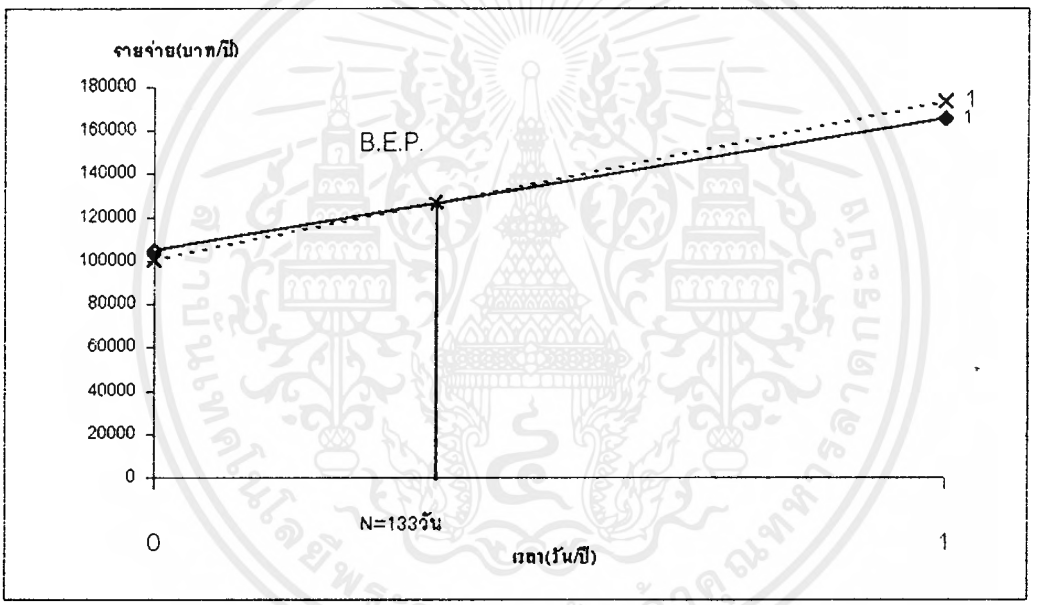
5.3 ตารางและกราฟแสดงผลการคำนวณ

5.3.1 ตารางแสดงอัตราผลตอบแทนต่อปี

ชนิดของต้นทุน	**รายจ่าย**	**จำนวนเงิน** (บาท/ปี)
ต้นทุนคงที่	ค่าเสื่อมราคา+ดอกเบี้ย	3629
ต้นทุนแปรผัน	ค่าซ่อมบำรุง	862
	ค่าแรงในการผลิต	21900
	ค่าแรงในการขาย	21900
	ค่าไฟฟ้า	2288
	ค่าแก๊ส	14600
	ค่าถั่วเหลือง	65700
	ค่าน้ำตาล	27375
	ค่าถุง	7300
ต้นทุนแปรผันรวม		162655
ต้นทุนทั้งหมด		166284
รายได้จากการขาย		306600
กำไรสุทธิ		140316
อัตราผลตอบแทน/ปี		84.40%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจุดคุ้มทุนระหว่างเครื่องกับคน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 สรุปเครื่องผลิตน้ำนมถั่วเหลือง

1. สร้างขึ้นสำหรับผลิตน้ำนมถั่วเหลืองเพื่อขายในระดับครัวเรือน
2. สามารถช่วยผ่อนแรง
3. ประหยัดเวลาในการผลิต
4. สะดวกในการใช้งานและทำความสะอาด
5. ให้อัตราการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองทั้งสิ้น 0.5 ลิตรต่อนาที
6. จุดคุ้มทุนใช้ระยะเวลา 133 วัน

5.5 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

1. เมื่อผ่านชุดกรองแล้วควรนำผ้าขาวบางมากรองอีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้แน่ใจว่าเมื่อผ่านการต้มโดยท่อขดแล้วจะไม่มีกากถั่วเหลืองอุดตันอยู่ในท่อ ซึ่งเป็นปัญหาต่อการทำความสะอาดท่อขดหลังการผลิตเสร็จสิ้น
2. การปรับความละเอียดของตัวโม่ในการบดถั่วเหลือง มีผลต่อปริมาณกากที่ออกมาและบางส่วนที่อนุภาคเล็กกว่ารูตะแกรงละเอียดจะเล็ดลอดออกมากับน้ำได้ เพราะถ้าปรับความละเอียดมากกากถั่วเหลืองจะจะออกมาน้อยและจะไปปะปนกับน้ำที่ได้ ซึ่งจะมีปัญหาในการต้ม ถ้าปรับความละเอียดน้อยเกินไป น้ำนมถั่วเหลืองที่ได้จะมีคุณค่าของโปรตีนลดลงตาม ดังนั้นจึงต้องปรับให้พอเหมาะก่อนนำไปทำขายและบริโภค
3. รสชาติของน้ำนมถั่วเหลืองที่ออกมานั้น ไกล้เคียงกับที่ขายตามท้องตลาด เพียงแต่อาจมีกลิ่นเหม็นเขียวหลงเหลืออยู่บ้างเนื่องจากผ่านท่อขดออกมาใช้เวลาตั้งแต่จุดเริ่มปล่อยเพียงแค่ 17-18 วินาที เท่านั้น ดังนั้นควรจะปรับปริมาณการไหลของน้ำนมถั่วเหลืองให้ลดลงหรือจะเพิ่มท่อขดให้ยาวขึ้นกว่าเดิมอีกเพื่อให้ยืดเวลาในการต้มเพิ่มขึ้นอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

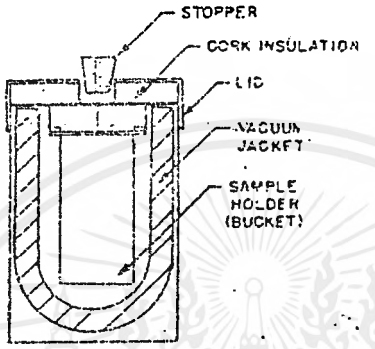
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

การหาค่าความร้อนจำเพาะของน้ำนมถั่วเหลือง (โดยการทดลอง)

- โดยวิธีการผสม อุปกรณ์ที่ใช้คือ คาลอรีมิเตอร์
- **คาลอรีมิเตอร์** มีลักษณะเป็นกระป๋องโลหะห่อหุ้มด้วยฉนวนกันความร้อนมีฝาปิด ที่ฝามีรูสำหรับเสียบเทอร์โมมิเตอร์และก้านสำหรับคนส่วนผสม ดังรูป



รูปที่ 6.2 คาลอรีมิเตอร์.

หลักการ

ปริมาณความร้อนที่สูญเสีย = ปริมาณความร้อนที่เพิ่มขึ้น

- ปริมาณความจุความร้อนคงที่ของคาลอรีมิเตอร์ ($m_c c_c$) เป็นปริมาณที่เกิดจากผลคูณของมวล(m_c)กับความร้อนจำเพาะของคาลอรีมิเตอร์(c_c) ซึ่งในการหาค่าความจุความร้อนคงที่ของคาลอรีมิเตอร์นี้สามารถกระทำได้โดยการเติมน้ำเย็นที่รู้จำนวนมวลและอุณหภูมิลงในคาลอรีมิเตอร์ หลังจากนั้นจึงเติมน้ำร้อนที่รู้จำนวนมวลและอุณหภูมิ วัดอุณหภูมิผสมที่ได้
- c_f เป็นค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ = 4.187 J/g.k

วิธีการ

1. ชั่งมวลของคาลอรีมิเตอร์ (m_1)
2. เติมน้ำลงในคาลอริมิเตอร์ นำไปชั่งได้(m_2) แล้ววัดอุณหภูมิที่ได้ (T_1)
3. เติมน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ (T_2) ลงในคาลอรีมิเตอร์ในข้อ 2 นำไปชั่งได้ (M_3) จะได้อุณหภูมิผสมวัดอุณหภูมิที่ได้ (T_3)

บันทึกผลการทดลอง

m_1 : มวลของคาลอรีมิเตอร์

m_2 : มวลของคาลอรีมิเตอร์+มวลของน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

m_3 : มวลของคาลอมิเตอร์+มวลของน้ำ+มวลของน้ำร้อน

T_1 : อุณหภูมิน้ำ

T_2 : อุณหภูมิน้ำร้อน

T_3 : อุณหภูมิผสม (น้ำ+น้ำร้อน)

จากการทดลองจะได้

m_1 = 216.629 g T_1 = 30 C

m_2 = 259.237 g T_2 = 46 C

m_3 = 311.001 g T_3 = 38 C

จากหลักการ ปริมาณความร้อนที่เพิ่ม = ปริมาณความร้อนที่ลดลง

จะได้

$$m_c c_c = \frac{\{(m_3 - m_2)c_t(T_2 - T_3) - (m_2 - m_1)c_t(T_3 - T_1)\}}{T_3 - T_1}$$

แทนค่า

$$m_c c_c = \frac{\{(311.001-259.237)4.187(46-38)\} - \{(259.237-216.629)4.187(38-30)\}}{38-30}$$

$$= \frac{1733.88 - 1427.19}{8}$$

$$= 38.33 \quad \#$$

<u>ต้องการหาค่าความร้อนจำเพาะของน้ำถั่วเหลือง</u>

วิธีการ

4. เติมน้ำถั่วเหลืองลงในคาลอรีมิเตอร์ นำไปชั่งได้ (m_4) วัดอุณหภูมิได้ (T_4)
5. วัดอุณหภูมิของน้ำร้อนอีกครั้งอ่านค่าได้ (T_5)
6. เติมน้ำร้อนลงในคาลอริมิเตอร์ข้อ 4 นำไปชั่งจะได้ (m_5)
7. ผสมน้ำถั่วเหลืองกับน้ำร้อนให้เข้ากัน วัดอุณหภูมิผสมได้ (T_6)

บันทึกผลการทดลอง

c_s : ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำถั่วเหลือง

m_4 : มวลของน้ำถั่วเหลือง+มวลของคาลอรีมิเตอร์

m_5 : มวลของน้ำถั่วเหลือง+มวลของคาลอรีมิเตอร์+มวลของน้ำร้อน

T_4 : อุณหภูมิของน้ำถั่วเหลือง

T_5 : อุณหภูมิของน้ำร้อน

T_6 : อุณหภูมิผสม (น้ำถั่วเหลือง+น้ำร้อน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองจะได้

m_4 = 269.763 g T_4 = 26 C

m_5 = 316.128 g T_5 = 44 C

T_6 = 34 C

จะได้

$$c_s = \frac{\{(m_5 - m_4)\, c_f\, (T_5 - T_6)\} - \{m_c c_c (T_6 - T_4)\}}{(m_4 - m_1)(T_6 - T_4)}$$

$$= \frac{\{(316.128-269.763)4.187(44-34)\}-\{38.33(34-26)\}}{(269.763-216.629)(34-26)}$$

$$= \frac{1914.302 - 306.640}{425.072}$$

= 3.8456 J/g.k

= 3.8456 KJ/kg.k

จะได้ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำถั่วเหลือง (c_p) = 3.8456 KJ/kg.k ###

ซึ่งค่า c_p ของน้ำถั่วเหลืองที่ได้นี้เมื่อทำการเปรียบเทียบกับค่า c_p ที่ได้จากสูตรข้างล่างคือ

C = 4.187(M) + 0.837(1-M)

(ค่าความร้อนจำเพาะเหนือจุดเยือกแข็งและของแข็งปราศจากไขมัน)

M = เศษส่วนมวลของน้ำในอาหาร (ในที่นี้ใช้ M = 0.9 อัตราส่วนผสมน้ำต่อถั่วเหลืองคือ 10:1)

แทนค่าจะได้ C = 4.187(0.9) + 0.837(0.1)

= 3.852 ###

** จะเห็นว่าความร้อนจำเพาะของน้ำนมถั่วเหลืองที่เราได้จากการทดลองจะได้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่หาได้จากการใช้สูตร เพราะฉะนั้นการทดลองได้ค่าที่ใช้ได้สามารถนำไปใช้คำนวณได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ซ. ตาราง A.6 แสดงคุณสมบัติของน้ำอิ่มตัว

Table A.6 Thermophysical properties of saturated water[a]

TEMPERATURE, T (K)	PRESSURE, P (bars)[b]	SPECIFIC VOLUME (m^3/kg) $v_f \cdot 10^3$	SPECIFIC VOLUME (m^3/kg) v_g	HEAT OF VAPORIZATION h_{fg} (kJ/kg)	SPECIFIC HEAT (kJ/kg · K) $c_{p,f}$	SPECIFIC HEAT (kJ/kg · K) $c_{p,g}$	VISCOSITY ($N \cdot s/m^2$) $\mu_f \cdot 10^6$	VISCOSITY ($N \cdot s/m^2$) $\mu_g \cdot 10^6$	THERMAL CONDUCTIVITY (W/m · K) $k_f \cdot 10^3$	THERMAL CONDUCTIVITY (W/m · K) $k_g \cdot 10^3$	PRANDTL NUMBER Pr_f	PRANDTL NUMBER Pr_g	SURFACE TENSION, $\sigma_f \cdot 10^3$ (N/m)	EXPANSION COEFFICIENT, $\beta_f \cdot 10^6$ (K^{-1})	TEMPERATURE, T (K)
273.15	0.00611	1.000	206.3	2502	4.217	1.854	1750	8.02	569	18.2	12.99	0.815	75.5	−68.05	273.15
275	0.00697	1.000	181.7	2497	4.211	1.855	1652	8.09	574	18.3	12.22	0.817	75.3	−32.74	275
280	0.00990	1.000	130.4	2485	4.198	1.858	1422	8.29	582	18.6	10.26	0.825	74.8	46.04	280
285	0.01387	1.000	99.4	2473	4.189	1.861	1225	8.49	590	18.9	8.81	0.833	74.3	114.1	285
290	0.01917	1.001	69.7	2461	4.184	1.864	1080	8.69	598	19.3	7.56	0.841	73.7	174.0	290
295	0.02617	1.002	51.94	2449	4.181	1.868	959	8.89	606	19.5	6.62	0.849	72.7	227.5	295
300	0.03531	1.003	39.13	2438	4.179	1.872	855	9.09	613	19.6	5.83	0.857	71.7	276.1	300
305	0.04712	1.005	29.74	2426	4.178	1.877	769	9.29	620	20.1	5.20	0.865	70.9	320.6	305
310	0.06221	1.007	22.93	2414	4.178	1.882	695	9.49	628	20.4	4.62	0.873	70.0	361.9	310
315	0.08132	1.009	17.82	2402	4.179	1.888	631	9.69	634	20.7	4.16	0.883	69.2	400.4	315
320	0.1053	1.011	13.98	2390	4.180	1.895	577	9.89	640	21.0	3.77	0.894	68.3	436.7	320
325	0.1351	1.013	11.06	2378	4.182	1.903	528	10.09	645	21.3	3.42	0.901	67.5	471.2	325
330	0.1719	1.016	8.82	2366	4.184	1.911	489	10.29	650	21.7	3.15	0.908	66.6	504.0	330
335	0.2167	1.018	7.09	2354	4.186	1.920	453	10.49	656	22.0	2.88	0.916	65.8	535.5	335
340	0.2713	1.021	5.74	2342	4.188	1.930	420	10.69	660	22.3	2.66	0.925	64.9	566.0	340
345	0.3372	1.024	4.683	2329	4.191	1.941	389	10.89	668	22.6	2.45	0.933	64.1	595.4	345
350	0.4163	1.027	3.846	2317	4.195	1.954	365	11.09	668	23.0	2.29	0.942	63.2	624.2	350
355	0.5100	1.030	3.180	2304	4.199	1.968	343	11.29	671	23.3	2.14	0.951	62.3	652.3	355
360	0.6209	1.034	2.645	2291	4.203	1.983	324	11.49	674	23.7	2.02	0.960	61.4	697.9	360
365	0.7514	1.038	2.212	2278	4.209	1.999	306	11.69	677	24.1	1.91	0.969	60.5	707.1	365
370	0.9040	1.041	1.861	2265	4.214	2.017	289	11.89	679	24.5	1.80	0.978	59.5	728.7	370
373.15	1.0133	1.044	1.679	2257	4.217	2.029	279	12.02	680	24.8	1.76	0.984	58.9	750.1	373.15
375	1.0815	1.045	1.574	2252	4.220	2.036	274	12.09	681	24.9	1.70	0.987	58.6	761	375
380	1.2869	1.049	1.337	2239	4.226	2.057	260	12.29	683	25.4	1.61	0.999	57.6	788	380
385	1.5233	1.053	1.142	2225	4.232	2.080	248	12.49	685	25.8	1.53	1.004	56.6	814	385
390	1.794	1.058	0.980	2212	4.239	2.104	237	12.69	686	26.3	1.47	1.013	55.6	841	390
400	2.455	1.067	0.731	2183	4.256	2.158	217	13.05	688	27.2	1.34	1.033	53.6	896	400
410	3.302	1.077	0.553	2153	4.278	2.221	200	13.42	688	28.2	1.24	1.054	51.5	952	410
420	4.370	1.088	0.425	2123	4.302	2.291	185	13.79	688	29.8	1.16	1.075	49.4	1010	420
430	5.699	1.099	0.331	2091	4.331	2.369	173	14.14	685	30.4	1.09	1.10	47.3		430
440	7.333	1.110	0.261	2059	4.36	2.46	162	14.50	682	31.7	1.04	1.12	45.1		440
450	9.319	1.123	0.208	2024	4.40	2.56	152	14.85	678	33.1	0.99	1.14	42.9		450
460	11.71	1.137	0.167	1989	4.44	2.68	143	15.19	673	34.6	0.95	1.17	40.7		460
470	14.55	1.152	0.136	1951	4.48	2.79	136	15.54	667	36.3	0.92	1.20	38.5		470
480	17.90	1.167	0.111	1912	4.53	2.94	129	15.88	660	38.1	0.89	1.23	36.2		480
490	21.83	1.184	0.0922	1870	4.59	3.10	124	16.23	651	40.1	0.87	1.25	33.9	—	490
500	26.40	1.203	0.0766	1825	4.66	3.27	118	16.59	642	42.3	0.86	1.28	31.6	—	500
510	31.66	1.222	0.0631	1779	4.74	3.47	113	16.95	631	44.7	0.85	1.31	29.3	—	510
520	37.70	1.244	0.0525	1730	4.84	3.70	108	17.33	621	47.5	0.84	1.35	26.9	—	520
530	44.58	1.268	0.0445	1679	4.95	3.96	104	17.72	608	50.6	0.85	1.39	24.5	—	530
540	52.38	1.294	0.0375	1622	5.08	4.27	101	18.1	594	54.0	0.86	1.43	22.1	—	540
550	61.19	1.323	0.0317	1564	5.24	4.64	97	18.6	580	58.3	0.87	1.47	19.7	—	550
560	71.08	1.355	0.0269	1499	5.43	5.09	94	19.1	563	63.7	0.90	1.52	17.3	—	560
570	82.16	1.392	0.0228	1429	5.68	5.67	91	19.7	548	76.7	0.94	1.59	15.0	—	570
580	94.51	1.433	0.0193	1353	6.00	6.40	88	20.4	528	76.7	0.99	1.68	12.8	—	580
590	108.3	1.482	0.0163	1274	6.41	7.25	84	21.5	513	84.1	1.05	1.84	10.5	—	590
600	123.5	1.541	0.0137	1176	7.00	8.75	81	22.7	497	92.9	1.14	2.15	8.4	—	600
610	137.3	1.612	0.0115	1068	7.85	11.1	77	24.1	467	103	1.30	2.60	6.3	—	610
620	159.1	1.705	0.0094	941	9.35	15.4	72	25.9	444	114	1.52	3.46	4.5	—	620
625	169.1	1.778	0.0085	858	10.6	18.3	70	27.0	430	121	1.65	4.20	3.5	—	625
630	179.7	1.856	0.0075	781	12.6	22.1	67	28.0	412	130	2.0	4.8	2.6	—	630
635	190.9	1.935	0.0066	683	16.4	27.6	64	30.0	392	141	2.7	6.0	1.5	—	635
640	202.7	2.015	0.0057	560	26	42	59	32.0	367	155	4.2	9.6	0.8	—	640
645	215.2	2.351	0.0045	361	90	—	54	37.0	331	178	12	26	0.1	—	645
647.3[c]	221.2	3.170	0.0032	0	∞	∞	45	45.0	238	238	∞	∞	0.0	—	647.3[c]

[a] Adapted from Reference 19.
[b] 1 bar = 10^5 N/m^2.
[c] Critical temperature.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค. ตารางแสดงค่า $C_{s,f}$ และค่า n สำหรับ various fluid - surface combinations

Table 10.1 Values of $C_{s,f}$ for various fluid-surface combinations [5–7]

FLUID-SURFACE COMBINATION	$C_{s,f}$	n
Water-copper		
Scored	0.0068	1.0
Polished	0.0130	1.0
Water-stainless steel		
Chemically etched	0.0130	1.0
Mechanically polished	0.0130	1.0
Ground and polished	0.0060	1.0
Water-brass	0.0060	1.0
Water-nickel	0.006	1.0
Water-platinum	0.0130	1.0
n-Pentane-copper		
Polished	0.0154	1.7
Lapped	0.0049	1.7
Benzene-chromium	0.101	1.7
Ethyl alcohol-chromium	0.0027	1.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราดอกเบี้ย 10 %

n	ระบบจ่ายทีเดียว: Compound Amount Factor CAF	ระบบจ่ายทีเดียว: Present Worth Factor PWF	(A/F) Sinking Fund Factor SFF	(A/P) 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

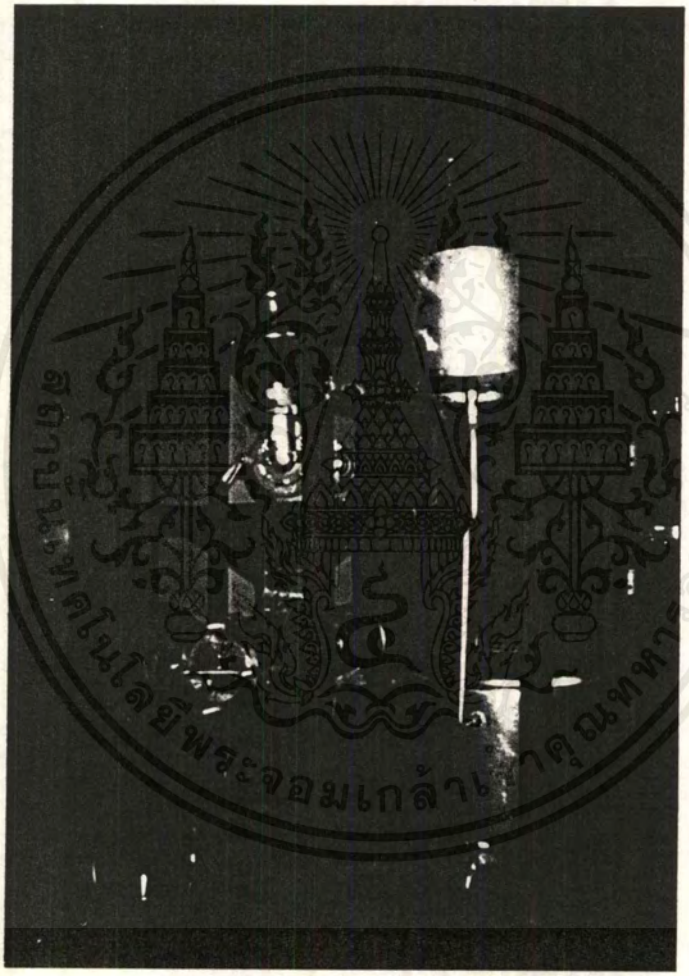
Gradient to Uniform Scries Conversion Factor (GUSF)
(A/G)

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

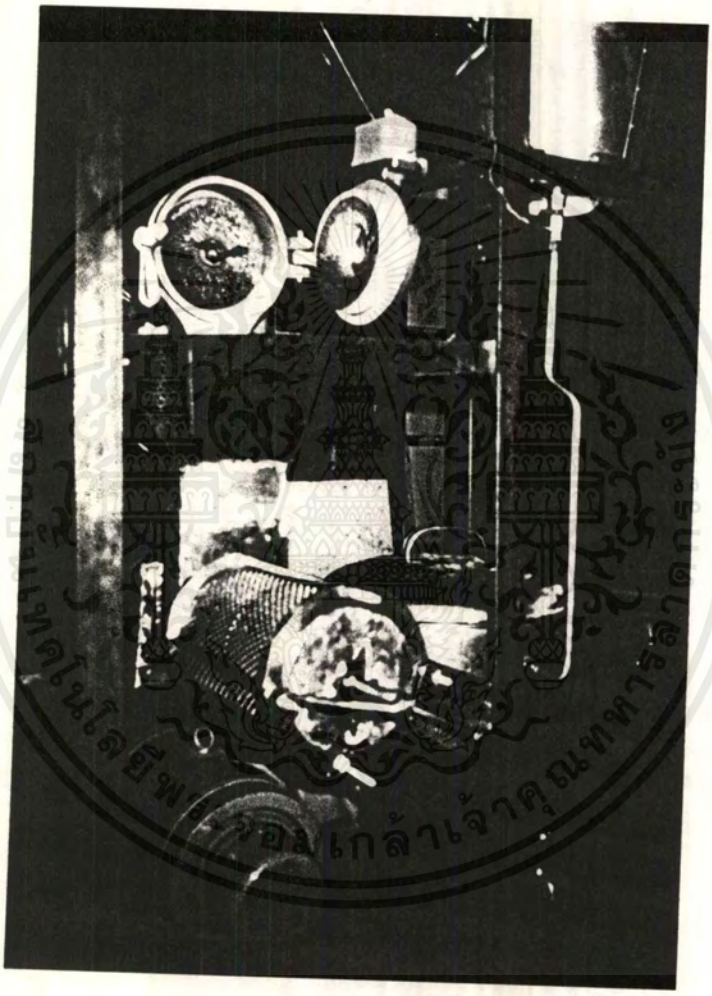
ผนวก ฉ.

ภาพแสดงส่วนประกอบต่าง ๆของเครื่องผลิตน้ำนมถั่วเหลือง



รูป ก ลักษณะเครื่องผลิตน้ำนมถั่วเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

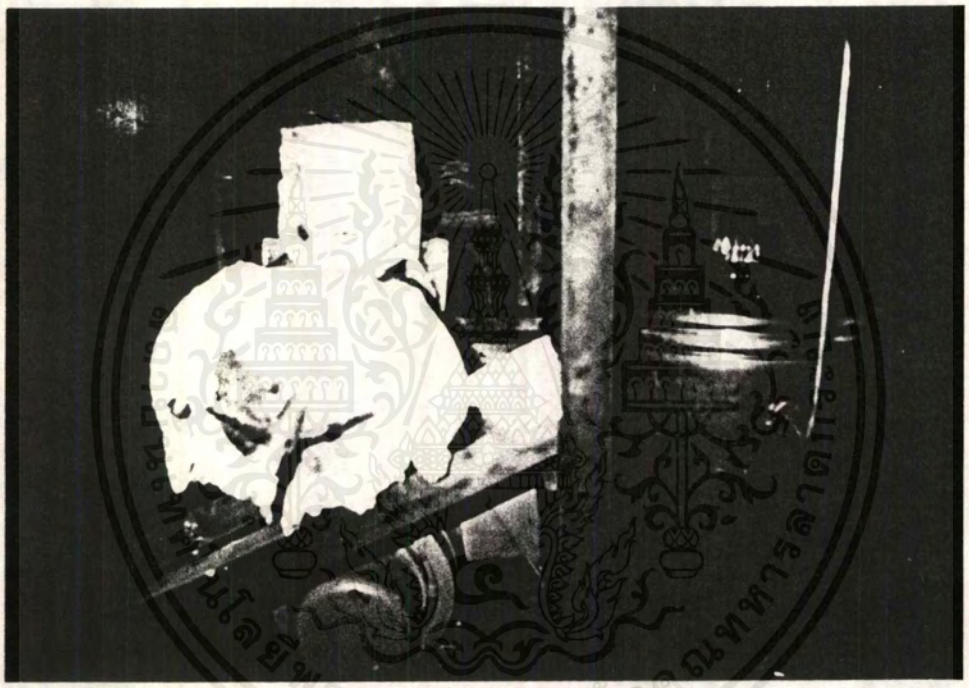


รูป ข ส่วนของชุดโม่และชุดกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

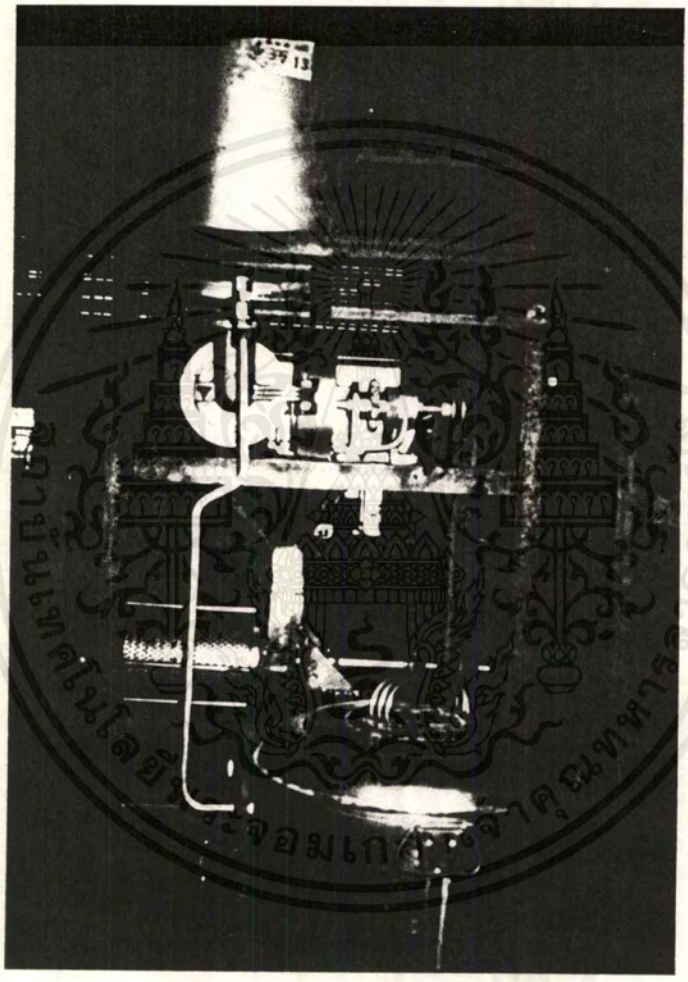
รูป ค ส่วนของชุดโม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



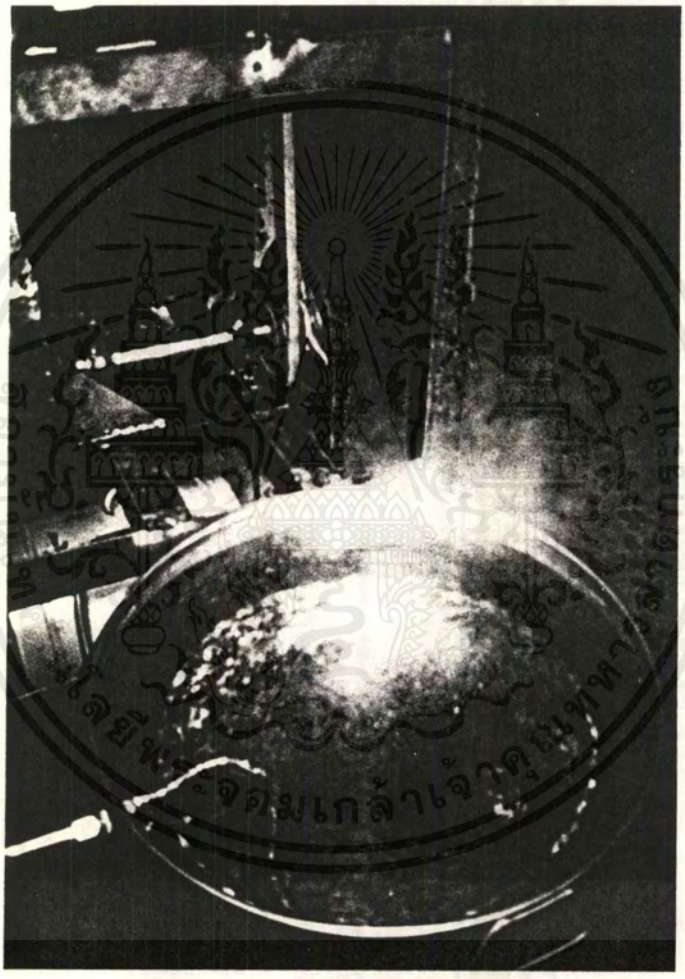
รูป ง กากถั่วเหลืองถูกดันออกมายังตัวอั้นกาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ๆ ถังพักและท่อที่น้ำถั่วเหลืองไหลลงมายังชุดต้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

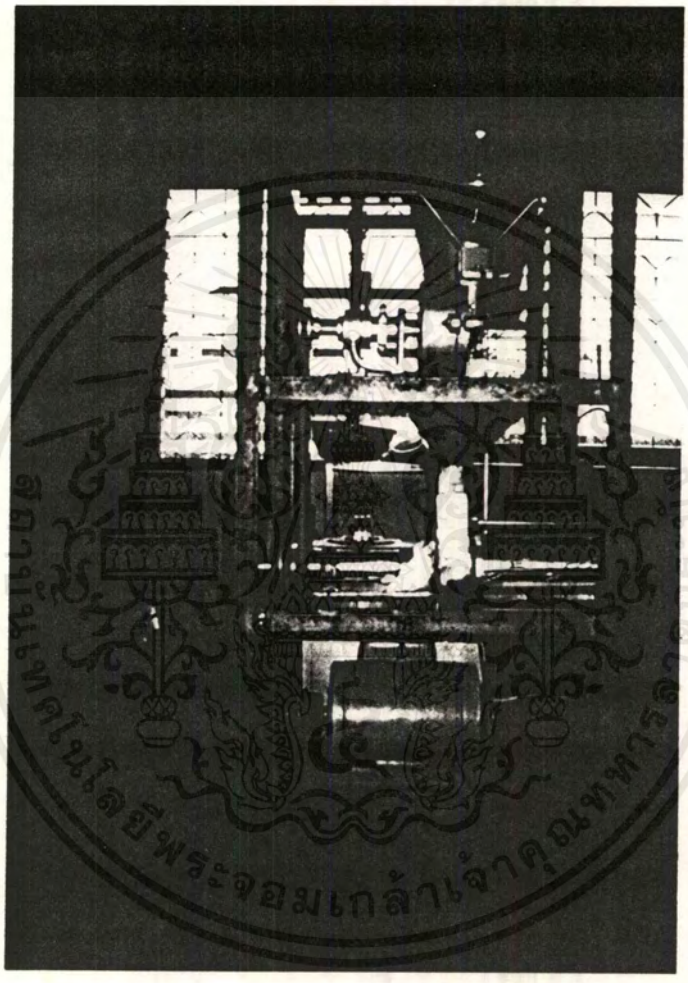


รูป ฉ ส่วนของชุดต้มขณะน้ำเดือด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป ช น้ำนมถั่วเหลืองที่ผ่านการต้มแบบพาสเจอร์ไรซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ซ ลักษณะของตัวเครื่องด้านข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จขึ้นมาได้ด้วยความอนุเคราะห์จากหลายๆท่านดังนี้

อ. จิราภรณ์ เบญจประกายรัตน์ , อ.ดร. ชูศักดิ์ ชวประดิษฐ์ , อ. กุสุมาลย์ เลิศชาญวุฒิ ที่ได้ให้คำแนะนำและคำปรึกษาในการทำโครงงานเครื่องผลิตน้ำนมถั่วเหลือง

พี่ตุ่ม , พี่โต้ง ,พี่อ๊อด ,พี่ไก่ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำในการสร้างเครื่องผลิตน้ำนมถั่วเหลืองให้สำเร็จลงได้ด้วยดี

พี่ติ๊ก ,พี่แผ่ด ,พี่น้อย ที่ได้ให้ความสะดวกในการเบิกค่าโครงงาน , เบิกยืมเครื่องมือต่างๆ และคำแนะนำในด้านอื่นๆ

คุณสิริชัย รัตนภาสกร , คุณอนุสรณ์ พิมพ์สิริกุลและคณะ ศูนย์ปรับปรุงคุณภาพข้าวโพดแห่งชาติ

ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณทุกๆท่านมา ณ ที่นี้ ในการให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆจนทำให้เครื่องผลิตน้ำนมถั่วเหลืองสำเร็จลงด้วยดี

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ประเสริฐ สายสิทธ์ และคณะ , "ถั่วเหลืองและการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย", มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, 2527.
2. ดร. มนชัยตร์ กาทอง, "การถ่ายเทความร้อน", คณวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2539.
3. ผศ. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์ , อ. พิมเพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ , อ.สาทิป รัตนภาสกร, "สมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของชีววัสดุ", คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2539.
4. ชอุ่ม พลอยมีค่า และ วันชัย ริจิรวนิช, "เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม", ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,หน้า 215,334,340, 2539.
5. R. Paul singh,Dennis R. Heldman, " Introduction to Food Engineering" , Academic press , INC(Hartcourt Brace Javanovich Publishers),1984.
6. Dunmore ,D.G, " Food Engineering Seminar on Cleaning and Sanitation for the Food Industry" , Austinst.Fd.Sci.,Technol,(NSW)Sydney,1983.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้