สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การลดรอบเวลาการผสมวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ครีมนวดผม

ศิริวรรณ พิณทอง
อดิศักดิ์ นอบไทย

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 62644
วัน,เดือน,ปี 21 ส.ค. 2549

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Reduction of Mixing Cycle Time in Hair Conditioner Production

SIRIWAN PINTHONG

ADISAK NOBTHAI

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT

FOR THE DEGREE OF BACHELOR IN CHEMICAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง	การลดรอบเวลาการผสมวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ครีมนวดผม
โดย	นางสาวศิริวรรณ พิณทอง
	นายอดิศักดิ์ นอบไทย
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.อัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	นาวาเอกพิชเยนทร์ ตันประเสริฐ
	ผู้อำนวยการฝ่ายผลิตกลุ่มผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ส่วนบุคคล
	บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รศ.ดร.อัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำ)

..... กรรมการ
(ดร.สุรัตน์ อารีรัตน์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ศิริพันธ์ มุรธาชัญลักษณ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การลดรอบเวลาการผสมวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ครีมนวดผม
โดย นางสาวศิริวรรณ พิณทอง
นายอดิศักดิ์ นอบไทย
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.อัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม นาวาเอกพิชเยนทร์ ตันประเสริฐ
ผู้อำนวยการฝ่ายผลิตกลุ่มผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ส่วนบุคคล
บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด
ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการลดรอบเวลาการผสมวัตถุดิบในการผลิตครีมนวดผมโดฟ สูตร Moistureterapy และครีมนวดผมซันซิล สูตร Blackshine ในหน่วยผลิต Rainbow ของบริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด กระบวนการการผสมวัตถุดิบประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ การเตรียมและชั่งวัตถุดิบ การผสมวัตถุดิบ การตรวจสอบและปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ และการถ่ายผลิตภัณฑ์เข้าถังเก็บผลิตภัณฑ์ จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแผนภูมิพาเรโตพบว่าเวลาเฉลี่ยในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบซึ่งไม่รวมเวลาของอีกสามขั้นตอนย่อยนานที่สุด ดังนั้นจึงมุ่งลดเวลาในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของรอบเวลาในการผสมวัตถุดิบ โดยศึกษาขั้นตอนการผสมวัตถุดิบ อิทธิพลของชนิดและอุณหภูมิของสารหล่อเย็นในเปลือกหุ้มของถังผสมและอิทธิพลของอุณหภูมิของสารละลายคลอรีนที่เติมในถังผสมหลักต่อการผสมวัตถุดิบ จากผลการทดสอบที่หน่วยทดลองผลิตพบว่าการใช้น้ำที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสเป็นสารหล่อเย็นและการเติมสารละลายคลอรีนอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีความเป็นไปได้ที่จะลดเวลาในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมโดฟ สูตร Moisturetherapy และครีมนวดผมซันซิล สูตร Blackshine ได้ร้อยละ 10 และ 8 ตามลำดับ โดยที่ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์

คำสำคัญ: รอบเวลาการผลิต การผสม การปั่นผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Report Title	Reduction of Mixing Cycle Time in Hair Conditioner Production
By	Miss Siriwan Pinthong
	Mr.Adisak Nobthai
Advisor	Assoc. Prof. Dr. Anchaleeporn Waritswat Lothongkum
Co-advisor	Captain Pichayane Tanprasert R.T.N
	Manufacturing Director- Personal Care
	The Unilever Thai Holdings Limited
Report for	Bachelor Degree of Chemical Engineering
	Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering
	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

ABSTRACT

The objective of this research is to reduce mixing cycle time in the production of hair conditioners, Dove Moisturetherapy and Sunsilk Blackshine, in the Rainbow plant at the Unilever Thai Holdings Limited. Mixing of raw materials is composed of 4 steps: preparation of raw materials, mixing, product quality control, and delivery of product to a storage tank. From the Pareto diagram, among the 4 steps, mixing consumed the longest time. Therefore, decreasing of the mixing cycle time in terms of the mixing time was targetted. The process steps in mixing, the effect of chilling liquids in a jacket of the mixing tank and their temperature, and the effect of the temperature of chlorine solution added in the main mixing tank were studied. The experimental results obtained from the pilot plant showed that the mixing time of Dove Moisturetherapy decreased 10% and that of Sunsilk Blackshine decreased 8% by using cooling water of 20°C as a chilling liquid and adding chlorine solution at the temperature of 20°C in the main mixing. With the experimental conditions, the hair conditioners found to be on product specifications.

Keywords: Cycle time, Mixing, Agitation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้บริหารทุกท่านของบริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด คุณคงศักดิ์ พานิช อดีตกรรมการอำนวยการฝ่ายผลิต ดร. วิวรรธน์ กฤษฎาสิมะ รองประธานกรรมการบริหารฝ่ายผลิตที่ให้โอกาสทำโครงงานที่บริษัท

ขอขอบพระคุณคุณแมน จรางนุวัฒน์ ผู้จัดการแผนก Rainbow plant คุณอุเทน ผลถาวร และทีมงานที่บริษัท ยูนิลิเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด ที่ให้คำปรึกษาในการทำงาน ให้การสนับสนุนวัตถุดิบและเครื่องมือตลอดการทำวิจัย รวมทั้งเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่ช่วยเหลือเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือทดสอบต่างๆ

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.อัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำ และนาวาเอกพิชเยนทร์ ตันประเสริฐ ผู้อำนวยการฝ่ายผลิตกลุ่มผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ส่วนบุคคล บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้ความรู้ คำแนะนำ และตรวจแก้ไขรายงาน ทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณอาจารย์ ดร.สุรัตน์ อารีรัตน์ และอาจารย์ศิริพันธ์ มุรธาธัญลักษณ์ กรรมการสอบปริญญานิพนธ์

ขอขอบคุณพี่ณัฐนนท์ ไพบูลย์ศิลป์ ที่ให้กำลังใจและความช่วยเหลือในการทำวิจัยตลอดมา

อนึ่งยังมีผู้มีพระคุณอีกหลายท่านที่ไม่ได้กล่าวนามในที่นี้ คุณความดีที่พึงเกิดจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบให้แด่บิดา มารดา ผู้เป็นที่รักและเคารพยิ่ง และผู้มีพระคุณทุกท่าน

หากมีสิ่งผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขอน้อมรับและขออภัยมา ณ ที่นี้

นางสาวศิริวรรณ พิณทอง

นายอดิศักดิ์ นอบไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....I

บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VI

สารบัญรูป.....VII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....2

1.4 ขั้นตอนในการดำเนินงาน.....2

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย.....2

บทที่ 2 ทฤษฎี.....4

2.1 การกวนและการผสม.....4

2.2 สมบัติกายภาพของของเหลว (Physical properties of liquid).....5

2.2.1 สัมประสิทธิ์การแพร่ (Diffusion coefficient).....5

2.2.2 สัมประสิทธิ์ความหนืด (Viscosity coefficient).....6

2.2.3 ความตึงผิว (Surface tension).....8

2.3 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น (Plate Heat Exchanger: PHE).....8

2.3.1 ลักษณะโครงสร้างของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น.....8

2.3.2 ประโยชน์ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น.....9

2.4 กระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ (PDCA cycle).....11

2.5 แผนภูมิพาเรโต (Pareto diagram).....13

2.6 ผังก้างปลา (Fish bone diagram หรือ Cause and effect diagram).....14

2.7 ส่วนประกอบและกลไกการทำความสะอาดของครีมนวดผม.....15

บทที่ 3 กระบวนการผลิต.....17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1 หน่วยผลิต Rainbow 17
3.2 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ครีมนวดผม.....18

บทที่ 4 การดำเนินงานและผลการดำเนินงาน.....21
4.1 เป้าหมายการดำเนินงาน.....21
4.2 การเก็บข้อมูล.....21
4.2.1 ผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมโดฟ สูตร Moisturetherapy.....21
4.2.2 ผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมซันซิล สูตร Blackshine.....21
4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล.....22
4.4 การแก้ปัญหา.....23
4.4.1 ผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมโดฟ สูตร Moisturetherapy.....23
4.4.2 ผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมซันซิล สูตร Blackshine.....24

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน.....30

เอกสารอ้างอิง.....32
ภาคผนวก.....33
ภาคผนวก ก. ข้อมูลรอบเวลาการผสมวัตถุดิบก่อนการดำเนินงานของผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมโดฟ สูตร Moisturetherapy และครีมนวดผมซันซิล สูตร Blackshine.....34
ภาคผนวก ข. การคำนวณต้นทุนค่าเสียโอกาสของผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมโดฟ สูตร Moisturetherapy และครีมนวดผมซันซิล สูตร Blackshine.....39
ภาคผนวก ข.1 ต้นทุนค่าเสียโอกาสที่จะได้รับจากการผลิตเพิ่ม.....40
ภาคผนวก ข.2 ต้นทุนค่าเสียโอกาสจากค่าจ้างแรงงาน.....41
ภาคผนวก ค. การคำนวณต้นทุนปฏิบัติการเมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิของสารละลายคลอรีนที่เติมในถังผสมหลัก จาก 35 °ซ เป็น 20 °ซ.....42
ภาคผนวก ง. การวิเคราะห์เพื่อควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ครีมนวดผม.....44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ ที่ 25 °ซ ของโมเลกุลในของเหลวบางชนิด.....6
ตารางที่ 2.2 ประโยชน์จากรูปแบบของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น.....10
ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบระหว่างเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นกับ
เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อ..... 11
ตารางที่ 4.1 เวลาช่วงการลดอุณหภูมิในถังผสมหลักที่สภาวะการทดลองต่างๆ.....24
ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบการปั่นผสมในถังผสมย่อยที่ 1 ที่เวลาต่างๆ..... 25
ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบการปั่นผสมในถังผสมย่อยที่ 2 ที่เวลาต่างๆ..... 26
ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบอิทธิพลของอุณหภูมิของสารหล่อเย็นและอุณหภูมิของสารละลาย
คลอรีนที่เติมในถังผสมหลักต่อเวลาในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบ..... 28
ตารางที่ 5.1 เวลาในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ครีมนวดผม..... 30
ตารางที่ 5.2 ต้นทุนค่าเสียโอกาสที่จะได้จากการผลิตผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมโดฟ สูตร
Moisturetherapy และครีมนวดผมซันซิล สูตร Blackshine เพิ่ม.....30
ตารางที่ 5.3 ต้นทุนค่าเสียโอกาสจากค่าจ้างแรงงาน.....31
ตารางที่ ก.1 รอบเวลาการผสมวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมโดฟ สูตร Moisturetherapy
(1 มิถุนายน 2548 - 30 กันยายน 2548).....35
ตารางที่ ก.2 เวลาในแต่ละขั้นตอนย่อยของการผสมผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมโดฟ สูตร
Moisturetherapy (1 มิถุนายน 2548 - 30 กันยายน 2548)..... 36
ตารางที่ ก.3 รอบเวลาการผสมวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมซันซิล สูตร
Blackshine (29 ธันวาคม 2548 - 8 มีนาคม 2549)..... 37
ตารางที่ ก.4 เวลาในการลดอุณหภูมิในถังผสมหลักของผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมซันซิล สูตร
Blackshine (29 ธันวาคม 2548 - 8 มีนาคม 2549) ก่อนการทดลอง.....38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 โครงสร้างของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น..... 9

รูปที่ 2.2 ลักษณะของแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน..... 10

รูปที่ 2.3 วงจรการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ..... 12

รูปที่ 2.4 โครงสร้างผังก้างปลา..... 15

รูปที่ 3.1 ตัวอย่างถังผสมหลักและหน่วยสนับสนุนต่างๆ ที่หน่วยผลิต Rainbow 17

รูปที่ 3.2 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมโดฟ สูตร Moisturetherapy..... 19

รูปที่ 3.3 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมซันซิล สูตร Blackshine.....20

รูปที่ 4.1 แผนภูมิพาเรโตของเวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมโดฟ สูตร Moisturetherapy ก่อนการทดลอง..... 21

รูปที่ 4.2 แผนภูมิพาเรโตของเวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมซันซิล สูตร Blackshine ก่อนการทดลอง.....22

รูปที่ 4.3 ผังก้างปลาแสดงสาเหตุการสูญเสียเวลาในการผสมวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ครีมนวดผม..... 23

รูปที่ ค.1 ระบบทำสารละลายคลอรีนอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส โดยใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น.....43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

การดำเนินกิจกรรมทางธุรกิจทั้งภาคการผลิตและการบริการ สิ่งที่สำคัญคือต้นทุนในการผลิตที่เหมาะสมและการสร้างความพึงพอใจสูงสุดให้แก่ผู้บริโภค ในสถานการณ์ปัจจุบันที่มีสภาพการแข่งขันทางธุรกิจสูง นโยบายขององค์กรไม่สามารถมาจากการเพิ่มกำไรด้วยการเพิ่มราคาสินค้า แต่ต้องมุ่งเน้นการลดความสูญเสียในกระบวนการผลิต และการลดต้นทุนโดยไม่ลดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อต้นทุนการผลิต ได้แก่ การลดรอบเวลาการผลิต เพื่อสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันและเพิ่มผลกำไรสูงสุดแก่องค์กร

บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด เป็นโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่ผลิตสินค้าอุปโภคบริโภคชั้นนำของประเทศ สินค้าที่ผลิตแบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ส่วนบุคคล (Personal care products) ที่เป็นของแข็งและของเหลว ผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ในครัวเรือน (Home care products) ที่เป็นทั้งของแข็งและของเหลว และผลิภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่ม บริษัทมีความมุ่งมั่นที่จะเป็นบริษัทผู้ผลิตชั้นนำพร้อมกับการพัฒนาประเทศโดยอาศัยการพัฒนาทรัพยากรบุคคลและการใช้เทคโนโลยีใหม่

โครงงานนี้ศึกษาที่หน่วยผลิต Rainbow ของบริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด ซึ่งภารกิจหลักในปัจจุบันของหน่วยผลิตนี้ คือ การผลิตครีมนวดผม ได้แก่ ครีมนวดผมโดฟ ครีมนวดผมคลีนิค และครีมนวดผมซันซิล พบว่ารอบเวลาการผลิตของผลิตภัณฑ์ค่อนข้างนาน โดยทั่วไปในอุตสาหกรรมผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ส่วนบุคคลชนิดเหลว ตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อรอบเวลาการผลิต คือ รอบเวลาในการผสมวัตถุดิบ ซึ่งประกอบด้วยเวลาในกระบวนการการผสมวัตถุดิบและกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ รวมทั้งเวลาในการล้างถังและอุปกรณ์ เป็นต้น สำหรับกระบวนการการผสมวัตถุดิบที่ศึกษาในโครงงานประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ การเตรียมและชั่งวัตถุดิบ การผสมวัตถุดิบ การตรวจสอบและปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ และการถ่ายผลิตภัณฑ์เข้าถังเก็บผลิตภัณฑ์ จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแผนภูมิพาเรโตพบว่าเวลาในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบนานที่สุด ซึ่งเวลาเฉลี่ยเฉพาะขั้นตอนนี้ไม่รวมเวลาของอีกสามขั้นตอนย่อยของครีมนวดผมโดฟเท่ากับ 245 นาที และของครีมนวดผมซันซิลเท่ากับ 210 นาที ดังนั้นจึงมุ่งลดเวลาในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของรอบเวลาการผสมวัตถุดิบ โดยเลือกครีมนวดผมโดฟ สูตร Moistureterapy และครีมนวดผมซันซิล สูตร Blackshine เป็นผลิตภัณฑ์เป้าหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อลดรอบเวลาการผสมวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ครีมนวดผม 10 เปอร์เซ็นต์

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ศึกษากระบวนการผลิตและบันทึกเวลาในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมโดฟ สูตร Moisturetherapy และครีมนวดผมซันซิล สูตร Blackshine วิเคราะห์ข้อมูลด้วยแผนภูมิพาเรโตและผังก้างปลา กำหนดแนวทางในการลดเวลาในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบ แล้วนำแนวทางนั้นไปทดสอบในห้องปฏิบัติการและหน่วยทดลองผลิต 200 ลิตร และตรวจสอบคุณภาพว่าผลิตภัณฑ์ได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ สรุปผลการดำเนินการ

1.4 ขั้นตอนในการดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.4.2 ศึกษากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมโดฟ สูตร Moisturetherapy และครีมนวดผมซันซิล สูตร Blackshine

1.4.3 เก็บข้อมูลการผลิตของผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมทั้งสองชนิด เช่น รอบเวลาการผสมวัตถุดิบเวลาของแต่ละขั้นตอนย่อย ชนิดและปริมาณของวัตถุดิบ และเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผสมวัตถุดิบ

1.4.4 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยเครื่องมือควบคุมคุณภาพ ได้แก่ แผนภูมิพาเรโต เพื่อระบุปัญหาและหาสาเหตุหลักของการสูญเสียเวลา และผังก้างปลา เพื่อวิเคราะห์รายละเอียดและหาแนวทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างเป็นระบบ

1.4.5 เสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาให้บริษัทพิจารณา

1.4.6 นำแนวทางที่ผ่านการเห็นชอบแล้วไปทดสอบในห้องปฏิบัติการและหน่วยทดลองผลิต

1.4.7 วิเคราะห์และสรุปผลการดำเนินงาน

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1.5.1 ได้แนวทางลดการสูญเสียเวลาในขั้นตอนย่อยของการผสมวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมโดฟ สูตร Moisturetherapy และครีมนวดผมซันซิล สูตร Blackshine

1.5.2 สามารถเพิ่มผลผลิตต่อหนึ่งหน่วยเวลาและลดต้นทุนการผลิตที่หน่วยผลิต Rainbow

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.3 ฐานข้อมูลที่สามารถนำไปประยุกต์กับหน่วยการผลิตอื่นๆ ของบริษัท ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน

1.5.4 ทำให้องค์กรตระหนักถึงความสำคัญของการลดต้นทุนและการสูญเสียในกระบวนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี

2.1 การกวนและการผสม [1-7]

การกวน (Agitation) หมายถึง การชักนำให้เนื้อวัสดุเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่แน่นอน ส่วนใหญ่จะเป็นลักษณะหมุนวนในภาชนะ

การผสม (Mixing) หมายถึง การทำให้เนื้อวัสดุหนึ่งเคลื่อนที่กระจายเข้าอีกเนื้อวัสดุหนึ่ง

อุปกรณ์การกวนผสม ประกอบด้วย [1-4]

1. ถังผสม (Mixing tank) มีหน้าที่เป็นภาชนะรองรับสารในการผสม ส่วนใหญ่ถังผสมจะมีรูปทรงกระบอกในแนวตั้ง ข้างบนอาจเปิดหรือปิดก็ได้ ใต้ถังอาจทำให้โค้งมนเพื่อกำจัดบริเวณที่ของเหลวไหลวนไปไม่ได้ นอกจากนี้อาจมีส่วนประกอบเสริมอื่น เช่น เปลือกหุ้ม (Jacket) ขดท่อถ่ายเทความร้อน

2. ใบกวน (Impeller) ซึ่งจะต่อกับแกนหมุน (Shaft) และถูกขับให้หมุนโดยมอเตอร์ ใบกวนมีหน้าที่ปั่นกวนของไหลให้เกิดการผสม ใบกวนแบ่งออกเป็น

- ใบกวนให้ของเหลวไหลในแนวแกน (Axial flow impeller) เป็นแบบที่ทำให้เกิดกระแสการไหลของของเหลวขนานกับแกนของใบกวน
- ใบกวนให้ของเหลวไหลในแนวรัศมี (Radial flow impeller) เป็นแบบที่ทำให้เกิดกระแสการไหลของของเหลวในแนวสัมผัส (Tangential) และแนวรัศมี (Radial) ของใบกวน

ใบกวนที่นิยมใช้ได้แก่ ใบพัด (Propeller) ใบพาย (Paddle) และใบกวนแบบกังหัน (Turbine) รูปแบบการไหลของใบกวนแบบใบพัดของเหลวจะถูกผลักลงกระทบพื้นถังผสมแล้วกระจายออก ใบกวนชนิดนี้เหมาะกับงานที่ต้องการให้ของแข็งแขวนลอย แต่ไม่เหมาะกับของเหลวที่มีความหนืดมากกว่า 50 พอยต์ ใบกวนแบบกังหันที่มีใบพัดเอียงทำมุม 45 องศา ก็เหมาะกับงานที่ต้องการให้ของแข็งแขวนลอยเช่นกัน

ของเหลวหนืด (Viscous liquid) หมายถึง ของเหลวที่มีความหนืดตั้งแต่ 5,000 เซนติพอยต์ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส [5] ใบกวนที่เหมาะสมกับการใช้งาน คือ ใบกวนแบบกังหัน [3] ครีมนวดผมมีความหนืดระหว่าง 17,000-30,000 เซนติพอยต์ [6-7] จึงจัดเป็นของเหลวหนืด

3. ครีบ (Baffle) มีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ ติดอยู่บริเวณด้านข้างภายในของถังผสม ช่วยบังคับทิศทางของของเหลวให้เกิดการผสมได้ดีขึ้น การติดครีบจะช่วยป้องกันการเกิดการหมุนวน (Vortex) จากการผสมแบบปั่นป่วน (Turbulent mixing) ซึ่งไม่ก่อให้เกิดการผสม แต่สำหรับการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผสมของเหลวหนืด (Viscous mixing) หรือการผสมแบบราบเรียบ (Laminar mixing) ไม่เกิดการหมุนวน จึงไม่มีความจำเป็นต้องติดครีบ

โดยทั่วไปตัวแปรที่พิจารณาในการออกแบบถังผสม [3] เช่น ขนาดและสัดส่วนระหว่างถังผสมกับครีบและใบกวน (Tank configuration) ชนิดของใบกวน คุณสมบัติของของเหลว เป็นต้น เนื่องจากตัวแปรเหล่านี้จะมีผลต่อลักษณะการไหลและความเร็วของของเหลวในถังผสม ความเร็วของของเหลวในถังผสมแบ่งออกได้ 3 ลักษณะ คือ

1. ความเร็วในแนวรัศมี (Radial velocity) เป็นความเร็วที่กระทำในแนวตั้งฉากกับแกนหมุนของใบกวน

2. ความเร็วตามแนวแกน (Axial velocity หรือ Vertical velocity) เป็นความเร็วที่กระทำในทิศทางเดียวกับแกนหมุนของใบกวน

3. ความเร็วในแนวสัมผัส (Tangential velocity) เป็นความเร็วที่กระทำสัมผัสกับทิศทางการหมุนของแกนหมุนของใบกวน

ความเร็วในแนวรัศมีและความเร็วตามแนวแกน จะมีประโยชน์และจำเป็นมากในการผสม ส่วนความเร็วในแนวสัมผัสไม่ค่อยมีประโยชน์เพราะทำให้เกิดการหมุนวนของของเหลว อนุภาคที่เป็นของแข็งจะถูกเหวี่ยงออกไปโดยแรงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal force) และตกอยู่ก้นถัง ถ้าความเร็วแนวสัมผัสสูงจะทำให้เกิดการไหลวนจากบนผิวของถังผสมลงถึงใบกวน อากาศหรือก๊าซจากข้างบนจะถูกดึงลง ทำให้การผสมไม่ดี

การป้องกันการหมุนวน ได้แก่

ถ้าเป็นถังผสมขนาดเล็ก จะติดตั้งใบกวนเบนออกจากแกนของถังผสม แกนหมุนจะเอียงและอยู่นอกเส้นกลางถังผสม หรือ อาจติดเครื่องกวนด้านข้างของถัง คือให้แกนหมุนอยู่ในแนวระดับและเอียงทำมุมกับรัศมี

สำหรับถังผสมขนาดใหญ่ขึ้น วิธีที่นิยม คือ การติดครีบในแนวดิ่งตั้งฉากกับผนังของถังผสม ซึ่งจะกำจัดการไหลในแนวสัมผัส ส่วนใหญ่ใช้ 4 ครีบ กรณีใบกวนแบบกังหันความกว้างของครีบจะกว้างไม่เกิน 1/12 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของถังผสม ส่วนกรณีใบกวนแบบใบพัดความกว้างจะมากกว่า 1/8 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของถังผสม

สำหรับคุณสมบัติของของเหลวก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญ และสามารถส่งผลต่อลักษณะการไหลและความเร็วของของเหลวในการกวนและการผสมได้

2.2 สมบัติกายภาพของของเหลว (Physical properties of liquid) [8]

2.2.1 สัมประสิทธิ์การแพร่ (Diffusion coefficient)

การแพร่ในของเหลวเป็นปรากฏการณ์การส่งผ่านชนิดหนึ่งที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของโมเลกุลจากบริเวณที่มีความเข้มข้นสูงไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำ ปรากฏการณ์การแพร่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ก็ต่อเมื่อของเหลวนั้นมีเกรเดียนท์ของความเข้มข้น เช่น ในสารละลายที่ยังไม่อยู่ในสภาวะสมดุล อาจมีบริเวณหนึ่งที่ความเข้มข้นของตัวถูกละลายสูงกว่าบริเวณอื่น โมเลกุลของตัวถูกละลายจะค่อยๆ แพร่กระจายออกไปจนกว่าจะได้เป็นสารละลายเนื้อเดียวจึงจะหยุดแพร่ซึ่งเป็นสภาวะสมดุล

อัตราการแพร่ (V_D) ขึ้นกับเกรเดียนท์ของความเข้มข้น (dN/dZ) และสัมประสิทธิ์การแพร่ (D) ดังนี้

$$V_D = D \times (dN/dZ) \qquad (2.1)$$

โดย N = จำนวนโมเลกุลที่เคลื่อนที่

Z = ระยะทางที่โมเลกุลเคลื่อนที

และ dN/dZ = การเปลี่ยนแปลงจำนวนโมเลกุลต่อหนึ่งหน่วยระยะทาง

สูตรนี้ใช้ได้ดีหากเกรเดียนท์ของความเข้มข้นมีค่าไม่สูงมากเกินไป จะเห็นได้ว่า ถ้า D มีค่ามากโมเลกุลจะแพร่อย่างรวดเร็ว

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ ที่ 25 °ซ ของโมเลกุลในของเหลวบางชนิด [8]

โมเลกุลในของเหลว	$D/10^{-9}$ ($m^2 s^{-1}$)
O_2 ในเตตราคลอโรมีเทน	3.82
Ar ในเตตราคลอโรมีเทน	3.62
H_2O ในน้ำ	2.26
CH_3OH ในน้ำ	1.58
$C_{12}H_{22}O_{11}$ (ซูโครส) ในน้ำ	0.522
NH_2CH_2COOH ในน้ำ	0.673

1.ค่า D ในกรณี H_2O ในน้ำเราเรียกว่า สัมประสิทธิ์การแพร่ในตัวเอง (Self-diffusion coefficient) เนื่องจากเป็นการแพร่ของโมเลกุลตัวทำละลายในตัวทำละลายบริสุทธิ์

2. โดยทั่วไปการแพร่เป็นกระบวนการที่เกิดช้า เราอาจเร่งได้ด้วยการคนหรือใช้พัดลมช่วยเป่า

3.ค่า D ขึ้นกับอุณหภูมิ ดังสมการ $D = k e^{-Ea/RT}$ ซึ่ง k เป็นค่าคงที่ E_a คือ พลังงานกระตุ้น ดังนั้นการเพิ่มอุณหภูมิทำให้ค่า D เพิ่มขึ้น

4. โมเลกุลที่เคลื่อนที่ได้ระยะไกลภายในระยะเวลาสั้น จะมีค่าสัมประสิทธิ์การแพร่สูง

2.2.2 สัมประสิทธิ์ความหนืด (Viscosity coefficient)

ความหนืด หมายถึง ความต้านทานการไหลของของไหล เป็นปรากฏการณ์การส่งผ่านโมเมนตัมของโมเลกุลของไหล จากบริเวณที่มีความเร็วสูงไปยังบริเวณที่มีความเร็วต่ำจากการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ของไหลมีที่เกรเดียนท์ของความเร็ว (dv/dZ) จะวัดความหนืดในรูปของสัมประสิทธิ์ความหนืด (η) ซึ่งมีหน่วยเป็น poise หรือ centipoise

ปัจจัยที่มีผลต่อความหนืด ได้แก่ แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล น้ำหนักโมเลกุล โครงสร้างโมเลกุล ความดัน อุณหภูมิ สิ่งเจือปน เป็นต้น ค่าสัมประสิทธิ์ความหนืดแปรผกผันกับค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ นั่นคือ $\eta \propto 1/D$

ถ้าแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลหรือน้ำหนักโมเลกุลสูง จะทำให้ความหนืดสูง สำหรับของเหลวถ้าอุณหภูมิสูงความหนืดจะลดลง โดยทั่วไปผู้ใช้เครื่องวัดความหนืดจะไม่คิดผลของความดัน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของความหนืดเกิดขึ้นน้อยมากที่ความดันบรรยากาศ

เนื่องจากสัมประสิทธิ์การแพร่ ขึ้นกับอุณหภูมิดังสมการ

$$D = k\, e^{-Ea/RT} \qquad (2.2)$$

ดังนั้นผลของอุณหภูมิที่มีต่อสัมประสิทธิ์ความหนืดจึงเป็นไปตามสมการ

$$\eta = k\, e^{Ea/RT} \qquad (2.3)$$

ในทางปฏิบัติการหาความหนืดของของเหลว (η_1) คำนวณจากค่าความหนืด (η_2) และความหนาแน่น (ρ_2) ของของเหลวมาตรฐานซึ่งนิยมเทียบกับน้ำดังสมการ

$$\eta_1 / \eta_2 = \rho_1 t_1 / \rho_2 t_2 \qquad (2.4)$$

t_1 = เวลาที่ของเหลวต้องใช้ในการเคลื่อนที่จากขีดบนถึงขีดล่างของเครื่องวัดความหนืด เช่น Ostwald viscometer

t_2 = เวลาที่น้ำต้องใช้ในการเคลื่อนที่จากขีดบนถึงขีดล่างของเครื่องวัดความหนืด

ของเหลวใดที่มีความหนืดมาก จะมีความสามารถในการต้านทานการไหลสูง สามารถแบ่งของเหลวตามพฤติกรรมการไหลได้ 2 ประเภท ดังนี้

1. ของไหลนิวโทเนียน (Newtonian fluid) เช่น น้ำ น้ำมัน สารละลาย และก๊าซทุกชนิด
2. ของไหลนอนนิวโทเนียน (Non-newtonian fluid) เช่น แชมพู ครีมนวดผม สเลอรี่ต่างๆ และสารละลายพอลิเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ความตึงผิว (Surface tension)

ความตึงผิวเกี่ยวข้องกับแรงดึงดูด 2 ชนิด คือ แรงโคฮีชันซึ่งเป็นแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลชนิดเดียวกัน และแรงแอดฮีชันซึ่งเป็นแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลต่างชนิดกัน ถ้าแรงทั้งสองชนิดนี้ไม่เท่ากันจะทำให้เกิด ความตึงผิว (γ) ซึ่งมีหน่วยเป็น นิวตันต่อเมตร ตัวอย่างการเกิดความตึงผิวของของเหลว เช่น การเกิดฟองสบู่ การเกิดหยดน้ำ และการไหลขึ้นของของเหลวในท่อคะปิลลารี เป็นต้น

2.3 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น (Plate heat exchanger: PHE) [9]

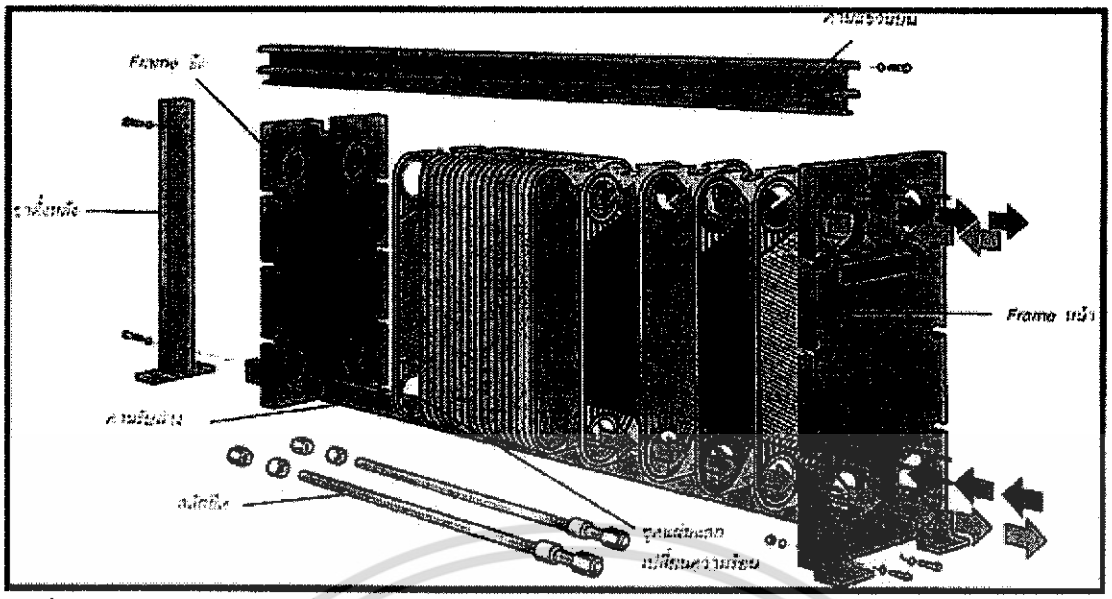
เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนถูกประดิษฐ์ขึ้นในปี ค.ศ.1923 โดย Dr. Richard Seligman และถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เช่น การใช้แผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเป็นแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น จนมีประสิทธิภาพสูงขึ้นและสามารถใช้งานได้กว้างขวางทั้งในด้านให้ความร้อน ทำความเย็น การนำความร้อนกลับมาใช้ และงานที่มีความดันเพิ่มขึ้นจากประมาณ 1 kg/cm^2 เป็น 20 kg/cm^2 ตัวอย่างอุตสาหกรรมที่มีการใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น เช่น

- อุตสาหกรรมเคมี
- โรงไฟฟ้า
- อุตสาหกรรมกระดาษ
- อุตสาหกรรมเหล็ก
- อุตสาหกรรมอาหาร
- อุตสาหกรรมจักรกล
- ระบบปรับอากาศ
- อุตสาหกรรมผลิตน้ำมันก๊าด

2.3.1 ลักษณะโครงสร้างของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น

ลักษณะโครงสร้างของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นแสดงดังรูปที่ 2.1 ประกอบด้วยชุดแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน มีลักษณะเป็นลอนใช้เป็นตัวกลางแลกเปลี่ยนความร้อนของของไหลสองด้าน ชุดแผ่นนี้จะถูกประกอบอยู่ระหว่างเฟรมหน้าและเฟรมอัด โดยมีชุดสลักยึดให้แน่น บนแผ่นโลหะนี้จะมีปะเก็นอยู่โดยรอบ เพื่อป้องกันการรั่วออกและบังคับทิศทางการไหลของของไหล การกำหนดจำนวนแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ขึ้นกับอัตราการไหลของของไหล สมบัติกายภาพของของไหล ความดันลด อุณหภูมิของของไหลขาเข้า และอุณหภูมิของของไหลขาออกที่ต้องการ จากลักษณะแผ่นที่เป็นลอนจะก่อให้เกิดการไหลแบบปั่นป่วนและทนความดันได้สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น [9]

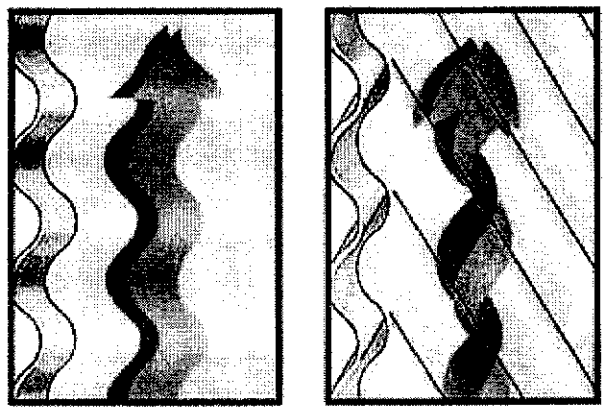
ตามที่ได้กล่าวปะเก็นในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนทำหน้าที่ซีลระหว่างแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนและเป็นตัวกำหนดทิศทางการไหลของของไหลให้ไหลสลับกันระหว่างแผ่น นอกจากนี้บริเวณช่องว่างระหว่างปะเก็นที่แบ่งทิศทางการไหลก็จะมีรูระบายเพื่อป้องกันของไหลไหลปะปนกันกรณีที่มีการรั่วไหล การเลือกวัสดุที่ใช้ทำปะเก็นจะพิจารณาจากสมบัติทางกายภาพของของไหล อุณหภูมิ และความดันที่ใช้งาน และควรเป็นวัสดุพวกยืดหยุ่นได้ เช่น ยาง เป็นต้น

เฟรมประกอบด้วยเฟรมหน้าและเฟรมอัด ทำหน้าที่ประกอบชุดแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนเข้าด้วยกัน โดยมีคานแขวนบนและคานรับล่างเป็นตัวประคองให้ประกอบกันเป็นชุด ความแข็งแรงของเฟรมเกิดจากการยึดเฟรมด้วยสลักยึด ดังนั้นจึงทำให้สามารถถอดประกอบชิ้นส่วนเมื่อมีการเพิ่มหรือลดขนาดความจุของแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน หรือเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงหรือตรวจซ่อมและทำความสะอาด

2.3.2 ประโยชน์ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นมีค่าการถ่ายเทความร้อนเพิ่มมากขึ้น 5 เท่า ทั้งนี้เพราะลักษณะของแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนที่สามารถสร้างการไหลแบบปั่นป่วน ซึ่งจะขจัดการเกิดตะกรันได้ ซึ่งมีผลโดยตรงต่อค่าประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่อง แผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ทั่วไปมี 2 ลักษณะ คือ แบบลายกระดานซักผ้า (รูปที่ 2.2 ก) ลักษณะนี้จะสร้างการลำเลียงแบบปั่นป่วนโดยการเปลี่ยนทิศทางการไหลและความเร็ว ส่วนแบบแผ่นลายก้างปลา (รูปที่ 2.2 ข) เมื่อประกอบเข้าด้วยกัน จะมีจุดสัมผัสของส่วนนูนทำให้เกิดการไหลแบบควงสว่านขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) แบบลายกระดานซักผ้า (ข) แบบแผ่นลายก้างปลา

รูปที่ 2.2 ลักษณะของแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน [9]

ประโยชน์จากลักษณะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นแสดงดังตารางที่ 2.2 และการเปรียบเทียบระหว่างเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นกับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.2 ประโยชน์จากรูปแบบของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น [9]

รูปแบบ	ประโยชน์	ผลที่ได้
ลักษณะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น	ให้ประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนสูงและน้ำหนักเบา	ลดต้นทุน
โครงสร้างถอดเปลี่ยนได้	ปรับปรุงได้	- ใช้ฐานรองรับขนาดเล็ก - ลดค่าก่อสร้าง
มีเฟรมหน้าตั้งอยู่กับที่ส่วนเฟรมอัดเลื่อนได้	ง่ายต่อการตรวจสอบแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน	ง่ายต่อการปรับใช้งาน
มีจุดสัมผัสระหว่างแผ่นโลหะ	เกิดการสั่นน้อยที่สุด	- ลดเวลาหยุดเครื่องจักร - ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบระหว่างเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นกับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อ [9]

ข้อเปรียบเทียบ	เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น	เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อ
ความแตกต่างของอุณหภูมิของของไหลขาเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนต่ำสุดที่ทำได้	แตกต่าง 10 °ซ	แตกต่าง 50 °ซ
ใช้งานได้หลายหน้าที่	ทำได้	ทำไม่ได้
การต่อท่อเข้า-ออก	ทิศทางเดียว (บนเฟรมหน้า)	หลายทิศทาง
อัตราส่วนการแลกเปลี่ยนความร้อน	3 – 5	1
อัตราส่วนน้ำหนักขณะใช้งาน	1	3 - 10
ปริมาณของเหลวที่ค้างอยู่ในตัวเครื่อง	น้อย	มาก
อัตราส่วนพื้นที่ติดตั้ง	1	2-5
การสั่นสะเทือน	ไม่มี	มี
การตรวจสอบการรั่ว	ง่าย ตรวจได้จากด้านนอก	ตรวจสอบยาก
การตรวจสอบทั่วไป	ตรวจได้ทั้งแผ่น	มีข้อจำกัด
การซ่อมแซม	ง่าย ทั้งการเปลี่ยนแปลงและปะเก็น	ต้องอุดท่อไว้ก่อนใช้งานได้ไม่เต็มที่
การปรับปรุงเมื่อต้องการเปลี่ยนแปลงการใช้งาน	ง่ายต่อการเพิ่มหรือลดจำนวนแผ่น	ทำไม่ได้

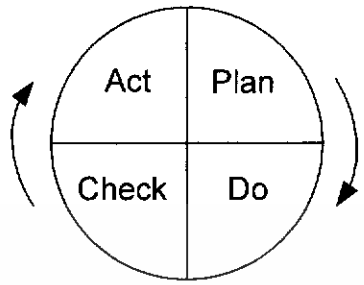
ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมที่เป็นกรณีศึกษาในโครงงานนี้ใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น

2.4 กระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ (PDCA cycle) [10]

กระบวนการแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ คือ วิธีการที่เป็นขั้นตอนในการบริหารงานและการทำงานให้สำเร็จอย่างถูกต้อง มีประสิทธิภาพและเชื่อถือได้ ประกอบด้วย การเตรียมแผนงาน (Plan) การนำแผนงานไปปฏิบัติ (Do) การตรวจสอบผลการปฏิบัติงาน (Check) และการแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาที่ทำให้งานไม่บรรลุเป้าหมาย (Act) ทั้ง 4 ขั้นตอนนี้จะต้องปฏิบัติต่อเนื่องกันเป็นวงจร ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 วงจรการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ

ขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ประกอบด้วย

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมแผนงาน (Plan)

1. กำหนดวัตถุประสงค์ที่ชัดเจน โดยพิจารณาจากตัวแปรที่มี
2. กำหนดเป้าหมายที่สามารถบรรลุได้
3. กำหนดวิธีการที่จะปฏิบัติเพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายที่กำหนด

ขั้นตอนที่ 2 การนำแผนงานไปปฏิบัติ (Do)

1. ศึกษาขั้นตอนและวิธีการปฏิบัติงานตามที่แผนงานกำหนด
2. ลงมือปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนดไว้
3. รวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการตัดสินใจ

ขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบผลการปฏิบัติงาน (Check)

1. ตรวจสอบผลการปฏิบัติงานนั้นว่าเป็นไปตามขั้นตอนที่กำหนดไว้หรือไม่
2. ตรวจสอบผลการปฏิบัติงานโดยการวัดความผิดพลาด และความแปรปรวนต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากผลการดำเนินงาน
3. ตรวจสอบผลคุณลักษณะด้านคุณภาพเพื่อเปรียบเทียบกับเป้าหมายที่กำหนดไว้

ขั้นตอนที่ 4 การแก้ไขปัญหาที่ทำให้งานไม่บรรลุเป้าหมาย (Act)

1. ดำเนินการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นโดยทันที
2. เมื่อการแก้ไขปัญหาบรรลุผลสำเร็จ จัดทำวิธีการแก้ไขปัญหานั้นเป็นมาตรฐานการปฏิบัติงาน เพื่อป้องกันการเกิดปัญหาซ้ำ
3. ปรับปรุงระบบและวิธีการทำงานอย่างต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 แผนภูมิพาเรโต (Pareto diagram) [11]

ในปี ค.ศ. 1925 ดร.โจเซฟ จูราน ผู้เชี่ยวชาญด้านการควบคุมคุณภาพชาวอเมริกัน ได้สังเกตและทำการวิจัยพบว่าหากข้อมูลที่เก็บมาได้นั้นมีเสถียรภาพ (Stability) แล้ว "ข้อมูลที่มีความสำคัญมากจะมีจำนวนเพียงเล็กน้อย และข้อมูลที่มีความสำคัญเพียงเล็กน้อยจะมีจำนวนมาก" และเขาได้ทราบว่า พาเรโตได้ค้นพบหลักการนี้มาก่อนหน้านี้แล้ว จึงได้ตั้งชื่อหลักการนี้ว่า "หลักการพาเรโต" และได้เรียกการแยกแยะข้อมูลในกราฟแท่งโดยเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยว่า แผนภูมิพาเรโต

แผนภูมิพาเรโตจะใช้เพื่อการเปรียบเทียบความสำคัญของข้อมูลเมื่อ

1. ต้องการกำหนดสาเหตุที่สำคัญของปัญหา เพื่อแยกออกมาจากสาเหตุอื่นๆ
2. ต้องการยืนยันผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการแก้ปัญหา โดยเปรียบเทียบระหว่าง "ก่อนทำ" กับ "หลังทำ"
3. ต้องการค้นหาปัญหาและหาคำตอบในการดำเนินกิจกรรมแก้ปัญหา

โครงสร้างของแผนภูมิพาเรโต ประกอบด้วยกราฟแท่งและกราฟเส้นในแผนภูมิเดียวกัน นอกจากแกนในแนวตั้ง (แกน Y) และแกนแนวนอน (แกน X) แล้ว กราฟพาเรโตจะมีแกนแสดงร้อยละหรือเปอร์เซ็นต์ของข้อมูลสะสมอยู่ทางด้านขวามือของแผนภูมิ ความสูงของกราฟแท่งจะเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย จากซ้ายมือไปขวามือ ยกเว้นในกลุ่มของข้อมูลที่เป็น "ข้อมูลอื่นๆ" จะนำไปไว้ที่ตำแหน่งสุดท้ายของแกนในแนวนอนเสมอ

วิธีการสร้างแผนภูมิพาเรโต ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนใหญ่ๆ คือ ขั้นตอนการจัดเตรียมข้อมูลและขั้นตอนการวาดแผนภูมิ

1. ขั้นตอนการจัดเตรียมข้อมูล

ในการจัดเตรียมข้อมูลจะแบ่งการเตรียมข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ ส่วนแรก คือ การเตรียมแผ่นการบันทึกข้อมูล และเมื่อได้ข้อมูลมาเรียบร้อยแล้ว ให้นำข้อมูลดังกล่าวมาแปลงเป็นสารสนเทศโดยสร้างแผนภูมิพาเรโตจากข้อมูลดังกล่าว

การเตรียมแผ่นบันทึกข้อมูลมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ก. จากปัญหาที่มีอยู่ ให้กำหนดและแบ่งประเภทของข้อมูลที่จะเก็บข้อมูล

ข. บันทึกข้อมูลโดยกำหนดระยะเวลาการบันทึกให้ชัดเจน

ค. เรียงข้อมูลจากความถี่มากไปหาน้อย และคำนวณค่าความถี่สะสมของข้อมูลแต่ละชั้น พร้อมทั้งคำนวณค่าร้อยละสะสม (Percent cumulative) ของข้อมูล

2. ขั้นตอนการวาดแผนภูมิพาเรโต

หลังจากที่ได้เตรียมข้อมูล จากนั้นสร้างแผนภูมิพาเรโต ดังขั้นตอนต่อไปนี้

ก. วาดแกนแนวนอน (แกน X) และแนวตั้ง (แกน Y)

ข. วาดกราฟแท่ง

ค. วาดร้อยละสะสมของข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง. กำหนดจุดของร้อยละสะสม และลากเส้นเชื่อมต่อ เรียงลำดับตามข้อมูล

จ. วิเคราะห์ปัญหาที่มีผลกระทบตามลำดับ

นอกจากแผนภูมิพาเรโตจะช่วยในการตัดสินใจเลือกหัวข้อปัญหาที่มีผลกระทบรุนแรงที่สุดมาแก้ไขเป็นลำดับแรกได้อย่างถูกต้องแล้วนั้น ยังบอกถึงเปอร์เซ็นต์ของการบรรลุเป้าหมายในการแก้ปัญหาอีกด้วย ทำให้สามารถกำหนดเป้าหมายในการแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจน ซึ่งเครื่องมืออื่นๆ ไม่มี แผนภูมิพาเรโตจะใช้ในการเปรียบเทียบชนิดของปัญหา จัดลำดับความสำคัญและแสดงสัดส่วนทั้งหมดของปัญหา นอกจากนี้ยังสามารถใช้ดูเสถียรภาพของกระบวนการได้อีกด้วย

2.6 ผังก้างปลา (Fish bone diagram หรือ Cause and effect diagram) [11]

ผังก้างปลาเป็นแผนผังที่ใช้แสดงความสัมพันธ์อย่างเป็นระบบระหว่างสาเหตุหลายๆ สาเหตุที่เป็นไปได้ที่ส่งผลกระทบให้เกิดปัญหาหนึ่งปัญหา จะใช้ผังก้างปลาเมื่อ

1. ต้องการค้นหาสาเหตุแห่งปัญหา
2. ต้องการศึกษาและทำความเข้าใจกับกระบวนการอื่นๆ เพราะว่าโดยส่วนใหญ่พนักงานจะรู้ปัญหาเฉพาะในพื้นที่ของตนเองเท่านั้น แต่เมื่อมีการทำผังก้างปลาแล้ว จะทำให้สามารถรู้กระบวนการของแผนกอื่นได้ง่ายขึ้น
3. ต้องการให้เป็นแนวทางในการระดมสมอง ซึ่งจะช่วยให้ทุกๆ คนให้ความสนใจในปัญหาของกลุ่มซึ่งแสดงไว้ที่หัวปลา

สิ่งสำคัญในการสร้างแผนผัง คือ ต้องทำเป็นทีม โดยใช้ 6 ขั้นตอน คือ

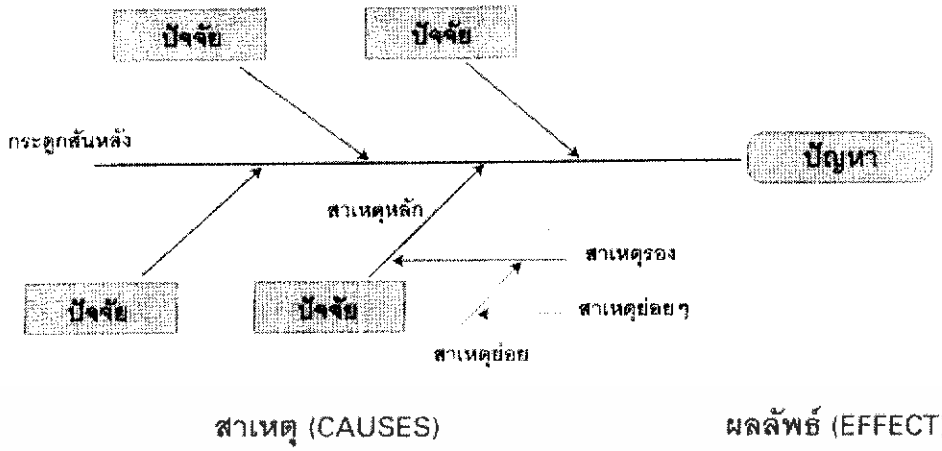
1. กำหนดปัญหาที่หัวปลา
2. กำหนดกลุ่มปัจจัยที่คาดว่าทำให้เกิดปัญหานั้นๆ
3. ระดมสมองเพื่อหาสาเหตุของแต่ละปัจจัย
4. หาสาเหตุหลักของปัญหา
5. จัดลำดับความสำคัญของสาเหตุ
6. กำหนดแนวทางการปรับปรุงที่จำเป็น

ผังก้างปลาประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังรูปที่ 2.4 โครงสร้างผังก้างปลา ประกอบด้วย

1. ส่วนปัญหาหรือผลลัพธ์ แสดงอยู่ที่หัวปลา
2. ส่วนสาเหตุ ซึ่งแบ่งออกเป็น
   - สาเหตุหลัก
   - สาเหตุย่อย

สาเหตุของปัญหาจะเขียนไว้ในก้างปลาแต่ละก้าง ก้างย่อยเป็นสาเหตุของก้างรอง และก้างรองเป็นสาเหตุของก้างหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 โครงสร้างผังก้างปลา [11]

การกำหนดปัจจัยบนก้างปลา

ส่วนมากมักใช้หลักการ 4M 1E เป็นกลุ่มปัจจัย เพื่อจะนำไปสู่การแยกแยะสาเหตุต่างๆ ซึ่งหลักการ 4M 1E คือ

M	Man	คนงานหรือพนักงานปฏิบัติการ
M	Machine	เครื่องจักรหรืออุปกรณ์
M	Material	วัตถุดิบ อะไหล่ หรืออุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ในกระบวนการ
M	Method	กระบวนการทำงาน
E	Environment	อากาศ สถานที่ ความสว่าง และบรรยากาศการทำงาน

แต่ไม่ได้หมายความว่า การกำหนดก้างปลาจะต้องใช้ 4M 1E เสมอไป เพราะหากว่าไม่ได้อยู่ในกระบวนการผลิตแล้ว ปัจจัยการนำเข้า (Input) ในกระบวนการก็จะเปลี่ยนไป เช่น ปัจจัยการนำเข้าเป็น 4P ได้แก่ Place, Procedure, People และ Policy หรือเป็น 4S ได้แก่ Surrounding, Supplier, System และ Skills ก็ได้ นอกจากนั้นหากกลุ่มที่ใช้ผังก้างปลามีประสบการณ์กับปัญหาที่เกิดขึ้นอยู่แล้ว ก็สามารถที่จะกำหนดกลุ่มปัจจัยใหม่ให้เหมาะสมกับปัญหาตั้งแต่แรกได้เช่นกัน

2.7 ส่วนประกอบและกลไกการทำความสะอาดของครีมนวดผม [12]

ครีมนวดผม ตามความหมายทางเครื่องสำอาง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่เตรียมในรูปของเหลว เพื่อช่วยปรับสภาพผิวผมให้เรียบลื่นคงความนุ่มสลวย มีน้ำหนักและจัดทรงง่าย โดยไม่กระตุ้นต่อมไขมันให้ผลิตน้ำมันมากขึ้น ครีมนวดผมจึงจำเป็นสำหรับผมทุกประเภทแม้แต่ผมมัน นอกจากนี้ครีมนวดผมยังช่วยไม่ให้เกิดไฟฟ้าสถิตเมื่อหวีผม ทำให้ผมอยู่ตัวไม่พันกัน หลังสระผมควรชโลมครีมนวดบริเวณปลายผมแล้วนวดเบา ๆ เพื่อให้ผมมีสุขภาพดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังมีสารเติมแต่งผลิตภัณฑ์ครีมนวดผม (Conditioner additives) ที่ช่วยเสริมให้ผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมมีคุณสมบัติตามที่ต้องการ หรือช่วยเสริมความคงสภาพ ความสวยงาม สีของผลิตภัณฑ์ สารเติมแต่งผลิตภัณฑ์ครีมนวดผม เช่น สารแต่งสี สารแต่งกลิ่น สารทำให้ใส สารเพิ่มความหนืด สารช่วยทำให้ทึบแสง สารปรับสภาพเส้นผมโดยการเคลือบมัน สารขจัดรังแค สารกันเสีย เป็นต้น

โครงสร้างของเส้นผม ประกอบด้วย

ผิวผม (Cuticle) เป็นชั้นนอกสุดของเส้นผม ทำหน้าที่ปกป้องเส้นผม มีลักษณะเรียงซ้อนเหลื่อมกันเหมือนกระเบื้องมุงหลังคา ผมที่มีสุขภาพดีจะมี Cuticle เรียงตัวแบนและซ้อนกันอย่างเหมาะสม ทำให้เส้นผมเรียบ ลื่น สะท้อนเป็นประกาย หากผิวผมเสียหาย Cuticle จะเหมือนหลังคาบ้านที่ถูกลมพายุ คือ วางตัวไม่เป็นระเบียบ และอาจหลุดลอกออกไป ทำให้เส้นผมขาดชีวิตชีวา แตกเสียได้ง่าย

เนื้อผม (Cortex) มีส่วนประกอบของเส้นใยเล็กๆ (Fiber) ที่เรียงตัวกันเป็นโครงสร้าง ทำให้เส้นผมแข็งแรงและยืดหยุ่น ในส่วน Cortex จะบรรจุเม็ดสีเมลานิน (Melanin) ซึ่งเป็นตัวกำหนดเม็ดสีธรรมชาติเอาไว้

แกนผม (Medulla) เป็นส่วนในสุดของเส้นผม มีเคราติน (Keratin) เป็นองค์ประกอบทำให้ผมแข็งแรง สารอาหารสำหรับผมที่ได้จากการรับประทานจะถูกลำเลียงผ่านทางแกนผม

รากผม (Root) เป็นส่วนเดียวของเส้นผมที่มีชีวิต ทำหน้าที่สร้างโปรตีนแก่เส้นผมและควบคุมวงจรชีวิตของเส้นผม ประกอบด้วยหนังศีรษะชั้นล่าง (Follicle) และโคนรากผม (Hair bulb)

ต่อมไขมัน (Sebaceous glands) ทำหน้าที่ผลิตน้ำมัน (Sebum) เพื่อหล่อลื่นให้ผมเงางาม

องค์ประกอบของเส้นผม ประกอบด้วย

1. 60 - 90 % เป็นเคราติน ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญในโครงสร้างของเส้นผม ประกอบด้วยกรดอะมิโนหรือโปรตีนกว่า 20 ชนิด

2. ประมาณ 30% เป็นน้ำ

3. ประมาณ 9% เป็นไลปิด (Lipid) ประกอบด้วยไขมันที่เคลือบปกป้องเส้นผม ได้แก่ กรดไขมัน (Fatty acid) เซรามายด์ (Ceramide) และคอเรสเตอรอล (Cholesterol) แบบเดียวกับที่มีอยู่ในผิว

4. สารอาหาร เช่น ทองแดง สังกะสี ฯลฯ ประมาณ 0.3 - 0.9 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทที่ 3
กระบวนการผลิต

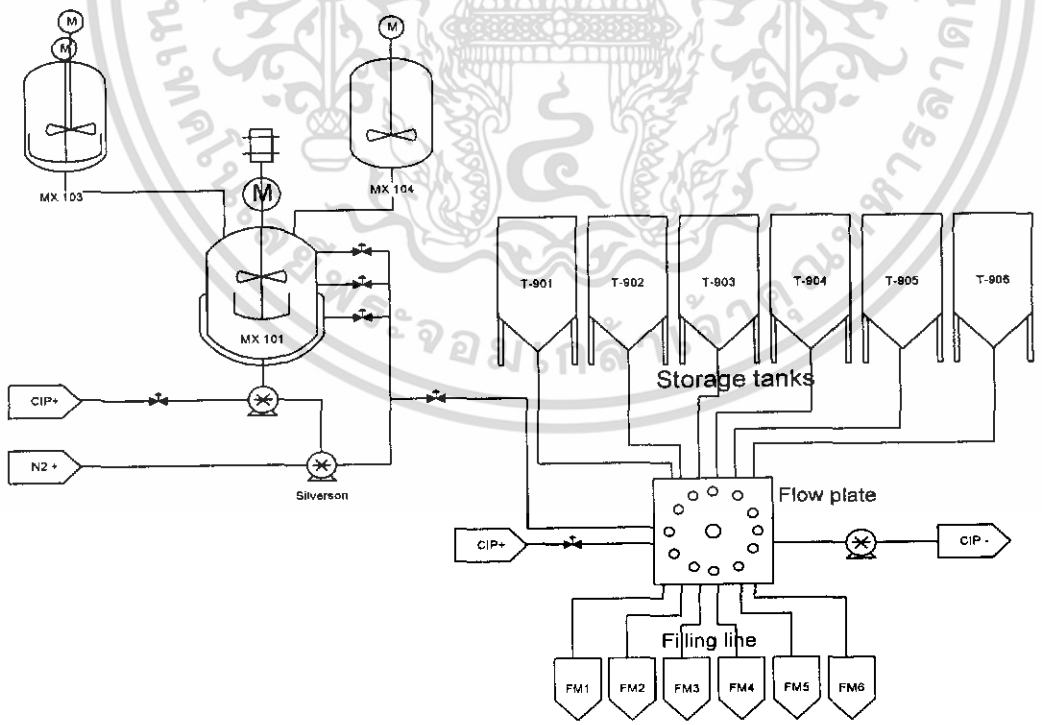
3.1 หน่วยผลิต Rainbow

หน่วยผลิต Rainbow เป็นหน่วยผลิตที่บริษัทสร้างขึ้นใหม่เพื่อลดภาระในการผลิตของหน่วยผลิตหลักที่มีอยู่ปัจจุบัน ผลิตภัณฑ์หลัก คือ ผลิตภัณฑ์ครีมนวดผม เช่น ครีมนวดผมโดฟ ครีมนวดผมคลีนิค และครีมนวดผมซันซิล และช่วยหน่วยผลิตอื่นๆ ผลิตผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถผลิตได้ทันตามความต้องการของตลาด

ระบบการผสมของหน่วยผลิต Rainbow ประกอบด้วยถังผสมหลักแบบมีครีบ (Baffled tank) และมีเปลือกหุ้มจำนวน 2 ถัง ขนาดถังละ 3 ตันและถังผสมรองที่ไม่มีครีบ (Unbaffled tank) และมีเปลือกหุ้มจำนวน 4 ถัง ดังรูปที่ 3.1

- ถังผสมหลักที่ 1 คือ MX 101 และถังผสมรอง 2 ถัง ได้แก่ MX 103 และ MX 104
- ถังผสมหลักที่ 2 คือ MX 201 และถังผสมรอง 2 ถัง ได้แก่ MX 203 และ MX 204

ถังผสมหลักมีลักษณะเป็นถังทรงกระบอก มีฝาปิด และเติมวัตถุดิบด้านบน ระบบการถ่ายวัตถุดิบตามปกติควบคุมด้วยวาล์วควบคุมที่จะต้องสั่งการจากห้องควบคุม และมีระบบควบคุมด้วยมือ (Manual system) เมื่อระบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์เกิดขัดข้อง



รูปที่ 3.1 ตัวอย่างถังผสมหลักและหน่วยสนับสนุนต่างๆ ที่หน่วยผลิต Rainbow

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
62644

3.2 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ครีมนวดผม [6-7]

รอบเวลาการผลิต หมายถึง รอบระยะเวลาในการผลิตสินค้าหนึ่งหน่วยตั้งแต่เริ่มจนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์ กล่าวได้ว่าถ้ารอบเวลาการผลิตสั้นลงจะสามารถเพิ่มผลผลิตต่อหนึ่งหน่วยเวลาได้มากขึ้นด้วยต้นทุนที่ต่ำ ในหลายกระบวนการผลิตรอบเวลาการผสมวัตถุดิบเป็นขั้นตอนสำคัญที่มีผลต่อรอบเวลาการผลิต

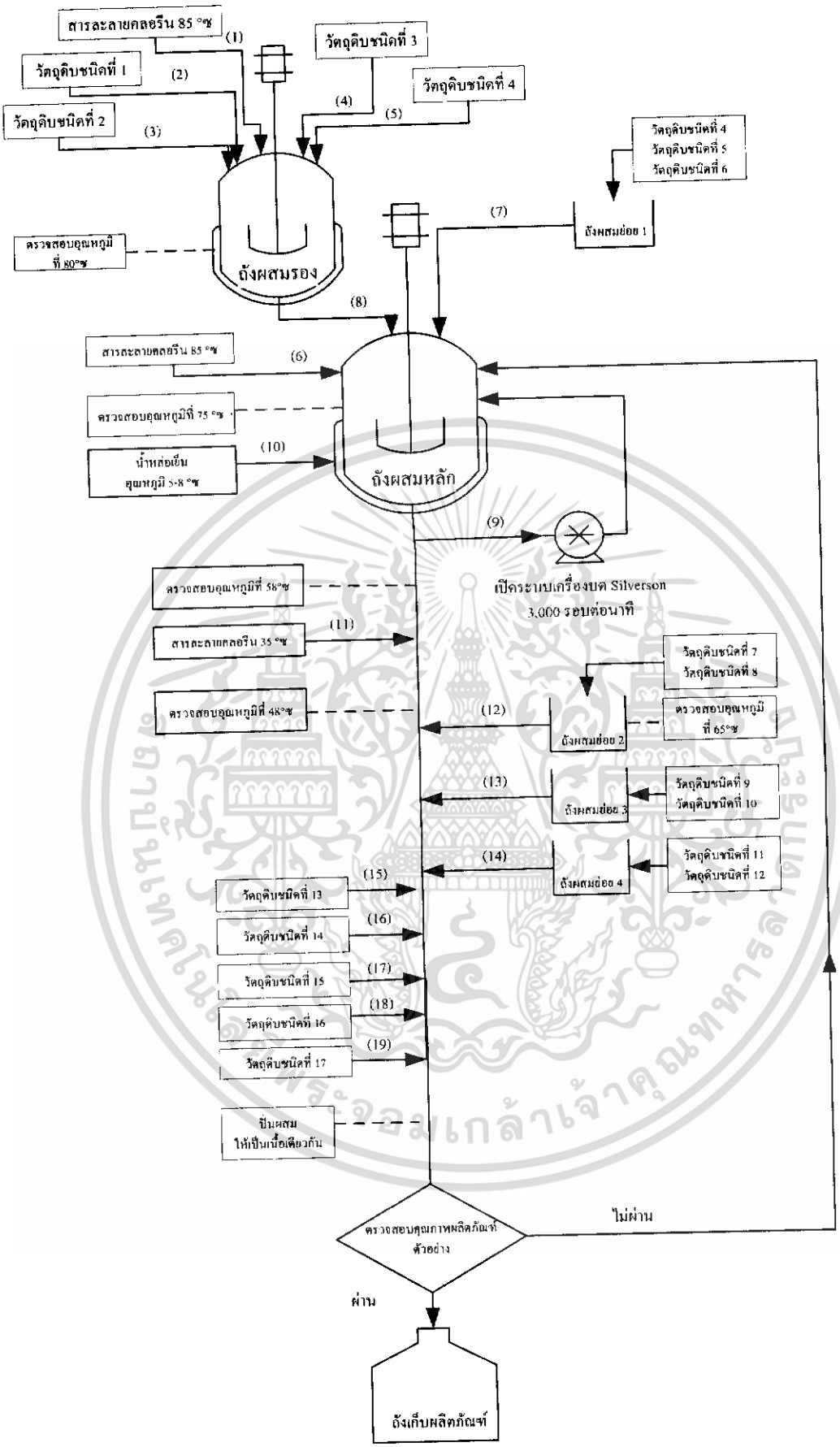
รูปที่ 3.2 และ 3.3 แสดงกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ครีมนวดผม โดฟ สูตร Moisturetherapy และครีมนวดผมซันซิล สูตร Blackshine รอบเวลาการผลิตผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมประกอบด้วยขั้นตอนการผสมวัตถุดิบ การบรรจุผลิตภัณฑ์ การล้างและเตรียมถังผสมหลัก กระบวนการผสมวัตถุดิบ ประกอบด้วย

1. การเตรียมและชั่งวัตถุดิบ
2. การผสมวัตถุดิบ
3. การตรวจสอบและปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์
4. การถ่ายผลิตภัณฑ์เข้าถังเก็บผลิตภัณฑ์

จากข้อมูลส่วนใหญ่ของบริษัทการเตรียมและชั่งวัตถุดิบใช้เวลาประมาณ 120 นาที การตรวจสอบและปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ใช้เวลาประมาณ 45-60 นาที และการถ่ายผลิตภัณฑ์เข้าถังเก็บผลิตภัณฑ์ใช้เวลาประมาณ 10 นาที

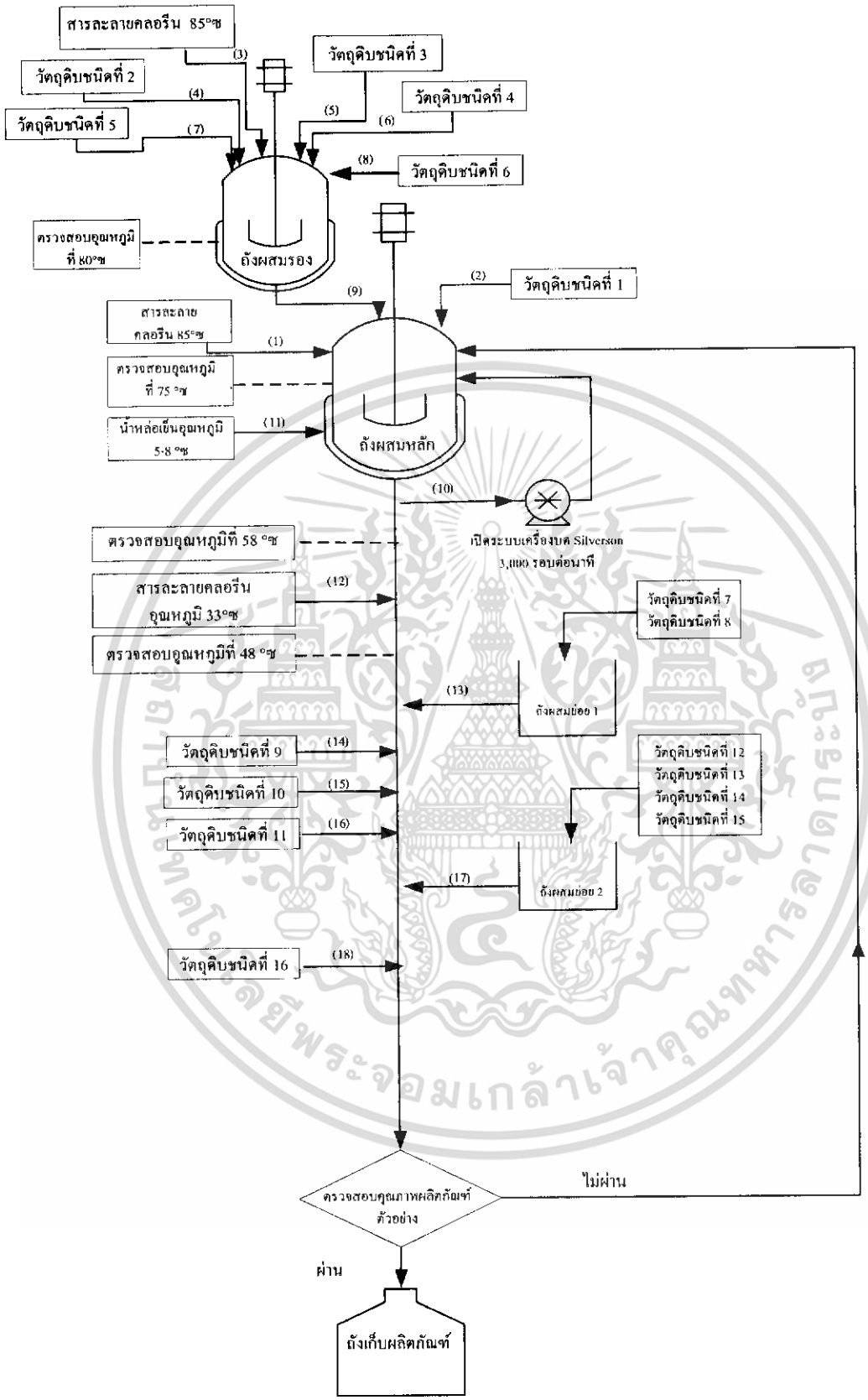
ในการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ครีมนวดผม จะวิเคราะห์ร้อยละของประจุบวกในผลิตภัณฑ์ (Percentage of cationic) ความเป็นกรด-เบส และความหนืด การวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมแสดงในภาคผนวก ง. เมื่อผลการตรวจสอบคุณภาพผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์จะถูกถ่ายเข้าถังเก็บ แต่ถ้าผลการตรวจสอบไม่ผ่านจะต้องส่งไปปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์โดยส่งกลับเข้าถังผสมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมโดฟ สูตร Moisturetherapy

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมซันซิล สูตร Blackshine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การดำเนินงานและผลการดำเนินงาน

4.1 เป้าหมายการดำเนินงาน

ลดรอบเวลาการผสมวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมโดฟ สูตร Moisturetherapy และครีมนวดผมซัลซิล สูตร Blackshine 10 %

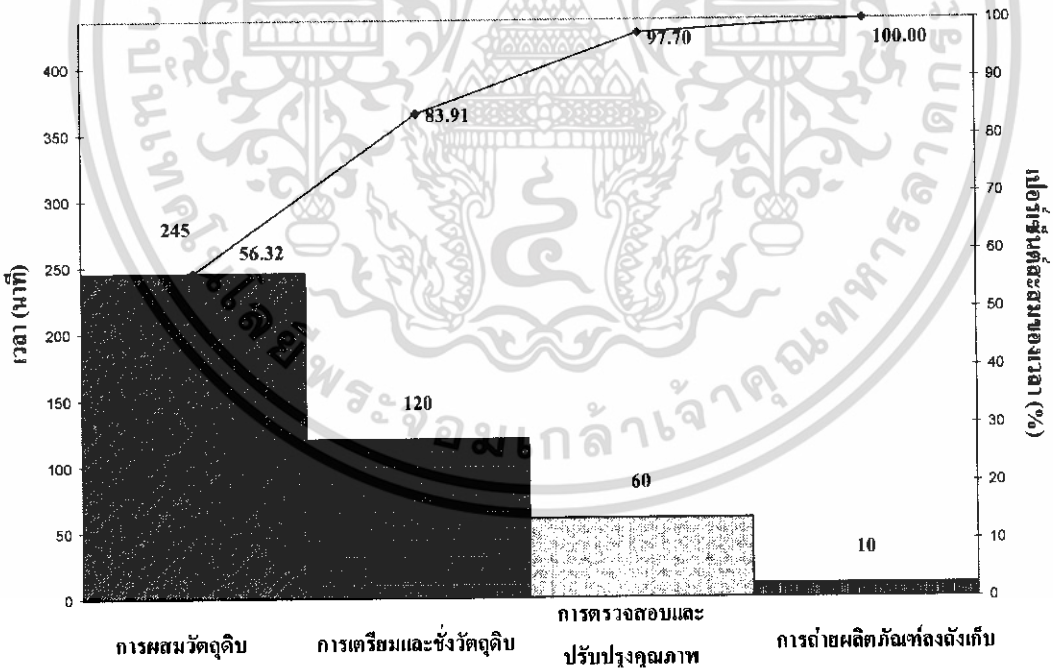
4.2 การเก็บข้อมูล

4.2.1 ผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมโดฟ สูตร Moisturetherapy

ข้อมูลแสดงรอบเวลาการผสมวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมโดฟสูตรMoisturetherapy แสดงในตารางที่ ก.1 ในภาคผนวก ก. และสร้างแผนภูมิพาเรโต ดังรูปที่ 4.1

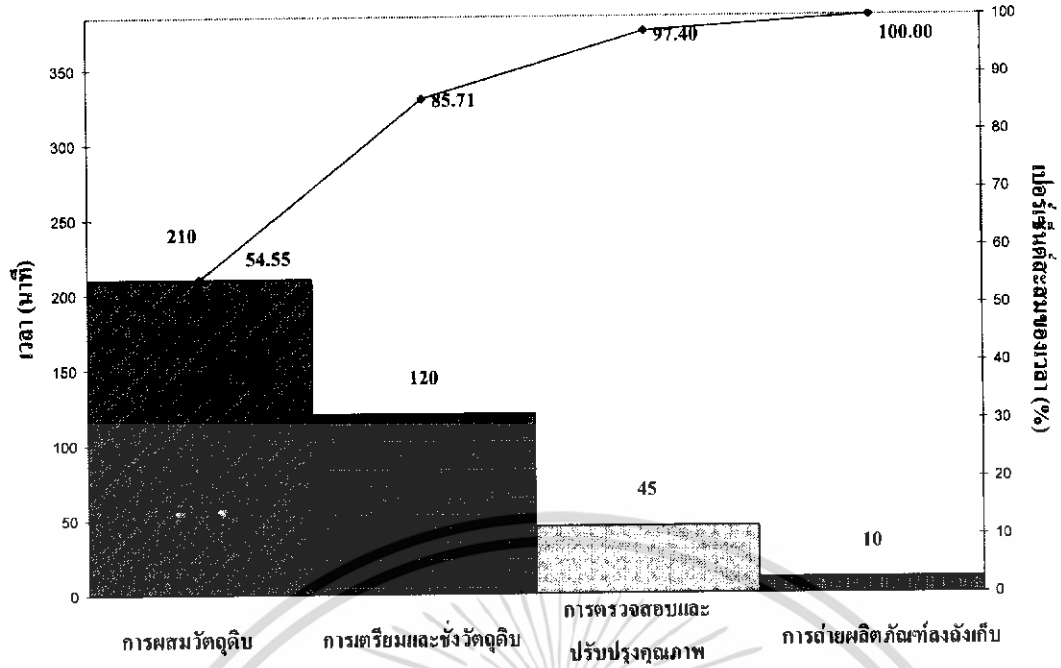
4.2.2 ผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมซันซิล สูตร Blackshine

ข้อมูลแสดงรอบเวลาการผสมวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมซัลซิล สูตร Blackshine แสดงในตารางที่ ก.3 ในภาคผนวก ก. และสร้างแผนภูมิพาเรโต ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 แผนภูมิพาเรโตของเวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมโดฟ สูตร Moisturetherapy ก่อนการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แผนภูมิพาเรโตของเวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมซันซิล สูตร Blackshine ก่อนการทดลอง

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

จากรูปที่ 4.1 และ 4.2 พบว่าสาเหตุหลักของการสูญเสียเวลาในกระบวนการผลิตเกิดจากการผสมวัตถุดิบซึ่งจะทำให้รอบเวลาการผสมวัตถุดิบนานขึ้น เมื่อใช้ผังก้างปลาวิเคราะห์ปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อเวลาที่ใช้ในขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการผสมวัตถุดิบมีดังนี้

1. ขั้นตอนการผสมวัตถุดิบในถังผสมย่อย

- หลังจากผสมวัตถุดิบในถังผสมย่อยแล้ว พนักงานต้องยกไปเทที่ถังผสมหลักและถังผสมรอง ทำให้เสียเวลาในการขนย้ายหลายที่หลายรอบ
- ถังผสมรองอยู่คนละชั้นกับจุดเตรียมวัตถุดิบในถังผสมย่อย
- ถังผสมย่อยมีน้ำหนักมาก

2. ขั้นตอนการผสมวัตถุดิบในถังผสมหลักจากตารางที่ ก.1 และ ก.2 ในภาคผนวก ก.

2.1 การลดอุณหภูมิในถังผสมหลัก จาก 75 องศาเซลเซียส เหลือ 58 องศาเซลเซียส

- ผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมโดฟ สูตร Moisturetherapy ใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 57 นาที
- ผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมซันซิล สูตร Blackshine ใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 41 นาที

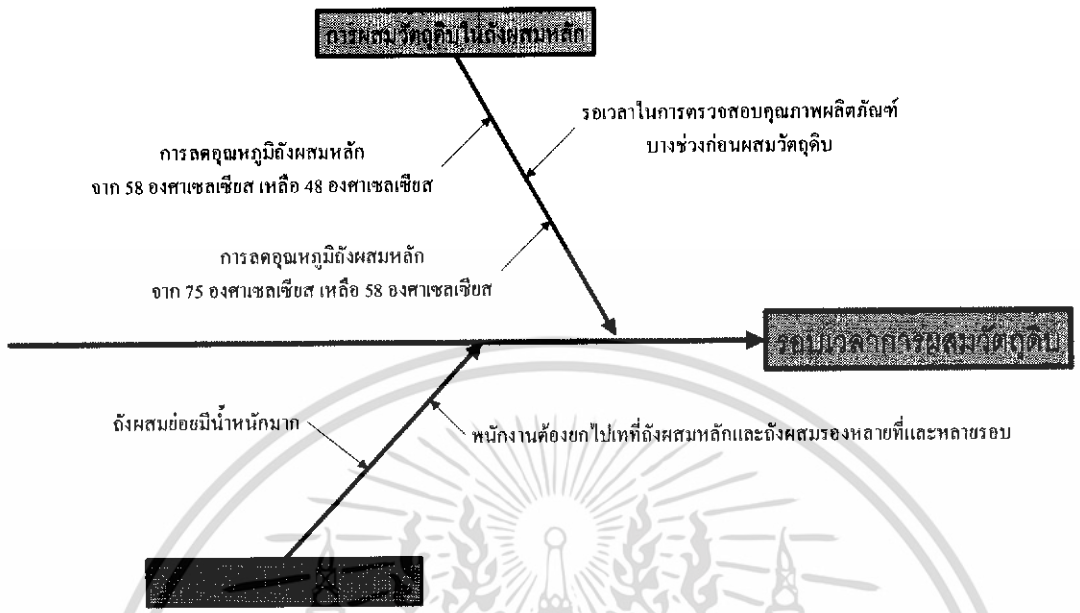
2.2 การลดอุณหภูมิในถังผสมหลัก จาก 58 องศาเซลเซียส เหลือ 48 องศาเซลเซียส

- ผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมโดฟ สูตร Moisturetherapy ใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 12 นาที
- ผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมซันซิล สูตร Blackshine ใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 19 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ต้องรอตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ก่อนการผสมในลำดับต่อไป

จากสาเหตุทั้งหมด สามารถเขียนผังก้างปลาได้ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ผังก้างปลาแสดงสาเหตุการสูญเสียเวลาในการผสมวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ครีมนวดผม

4.4 การแก้ปัญหา

4.4.1 ผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมโดฟ สูตร Moisturetherapy

จากการศึกษากระบวนการผสมวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมโดฟ สูตร Moisturetherapy และผังก้างปลา จึงทดลองลดอุณหภูมิในถังผสมหลักโดยใช้สภาวะการทดลองต่างๆ ดังนี้

สภาวะที่ใช้อยู่: ลดอุณหภูมิจาก 75 องศาเซลเซียส เหลือ 58 องศาเซลเซียส โดยใช้น้ำหล่อเย็นอุณหภูมิ 5-8 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมสารละลายคลอรีนอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

สภาวะที่ 1: ลดอุณหภูมิจาก 75 องศาเซลเซียส เหลือ 58 องศาเซลเซียส โดยใช้น้ำหล่อเย็นอุณหภูมิ 5-8 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมสารละลายคลอรีนอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

สภาวะที่ 2: ลดอุณหภูมิจาก 75 องศาเซลเซียส เหลือ 65 องศาเซลเซียส โดยใช้น้ำหล่อเย็นอุณหภูมิ 5-8 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมสารละลายคลอรีนอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

สภาวะที่ 3: ลดอุณหภูมิจาก 75 องศาเซลเซียส เหลือ 65 องศาเซลเซียส โดยใช้น้ำหล่อเย็นอุณหภูมิ 5-8 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมสารละลายคลอรีนอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

ผลการทดลอง แสดงในตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 เวลาช่วงการลดอุณหภูมิในถังผสมหลักที่สภาวะการทดลองต่างๆ

	สภาวะที่ใช้อยู่	1	2	3
อุณหภูมิในถังผสมหลักก่อนการลดอุณหภูมิ (°ซ)	75	75	75	75
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น (°ซ)	5-8	5-8	5-8	5-8
อุณหภูมิในถังผสมหลักก่อนเติมสารละลายคลอรีน (°ซ)	57	57	65	65
อุณหภูมิสารละลายคลอรีนที่เติมในถังผสมหลัก (°ซ)	35	20	35	20
เวลาช่วงการลดอุณหภูมิ (นาที)	69	64	52	44

จากผลการทดลอง พบว่าสภาวะการทดลองที่ 3 สามารถลดเวลาช่วงการลดอุณหภูมิได้มากที่สุด คือ 69-44 = 25 นาที

4.4.2 ผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมซันซิล สูตร Blackshine

จากการศึกษากระบวนการผสมวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมซันซิล สูตร Blackshine ทำการทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1 ศึกษาการปั่นผสมในถังผสมย่อยที่ 1

การทดลองที่ 2 ศึกษาการปั่นผสมในถังผสมย่อยที่ 2

การทดลองที่ 3 ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิของสารหล่อเย็น และอุณหภูมิของสารละลายคลอรีนที่เติมในถังผสมหลักต่อรอบเวลาการผสมวัตถุดิบ

การทดลองที่ 1 ศึกษาการปั่นผสมในถังผสมย่อยที่ 1

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

1. สารละลายคลอรีน
2. สารละลายกรดซิตริก
3. สารเพิ่มความหนืด

ขั้นตอนการทดลอง

1. ปั่นผสมสารละลายคลอรีนกับสารละลายกรดซิตริกให้เข้ากัน จากนั้นวัดค่าความเป็นกรด-เบส และความหนืดเริ่มต้น
2. เติมสารเพิ่มความหนืด และปั่นผสมให้เข้ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.เก็บตัวอย่างเพื่อวัดค่าความเป็นกรด-เบส ความหนืด และสังเกตลักษณะทางกายภาพที่เวลาทุกๆ 2 นาที จนครบ 10 นาที

ผลการทดลอง ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบการปั่นผสมในถังผสมย่อยที่ 1 ที่เวลาต่างๆ

เวลา (นาที)	ความเป็นกรด-เบส	ความหนืด* (เซนติพอยส์)	ลักษณะทางกายภาพ
0	5.78	-	ละลายได้ดี
2	5.78	-	"
4	5.78	-	"
6	5.79	-	"
8	5.79	-	"
10	5.78	-	"

หมายเหตุ มาตรฐานความเป็นกรด-เบส ที่ตรวจสอบ คือ 5.5 - 6

* ไม่สามารถวัดค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสได้ด้วยเครื่องวัดความหนืด Brookfield เข็มวัด T-B เนื่องจากมีความหนืดต่ำมาก ถ้าต้องการทราบความหนืดอาจต้องเลือกเครื่องที่สามารถวัดความหนืดระดับต่ำๆ เช่น Ubbelohde viscometer

การทดลองที่ 2 ศึกษาการปั่นผสมในถังผสมย่อยที่ 2

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

1.สารละลายคลอรีน

2.สารโปรตีน

3.สารเติมแต่งชนิดที่ 1

4.สารเติมแต่งชนิดที่ 2

5.สารเติมแต่งชนิดที่ 3

ขั้นตอนการทดลอง

1.ปั่นผสมสารละลายคลอรีนกับสารโปรตีน

2.ผสมสารเติมแต่งทั้ง 3 ชนิด และปั่นให้เข้ากัน

3.เก็บตัวอย่างวัดค่าความเป็นกรด-เบส และสังเกตลักษณะทางกายภาพที่เวลาทุกๆ 2 นาที จนครบ 10 นาที

ผลการทดลอง ดังตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบการปั่นผสมในถังผสมย่อยที่ 2 ที่เวลาต่างๆ

เวลา (นาที)	ค่าความเป็นกรด-เบส	ลักษณะทางกายภาพ
0	4.51	ของเหลวสีดำ มีฟองลอยบริเวณหน้าของเหลว มีกลิ่นเหม็นฉุน ละลายเข้ากันได้ดี ไม่จับตัวเป็นก้อน
2	4.51	"
4	4.49	"
6	4.48	"
8	4.49	"
10	4.49	"

หมายเหตุ มาตรฐานความเป็นกรด-เบส ที่ตรวจสอบ คือ 4 - 5

* ไม่ได้วัดค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เนื่องจากเครื่องวัดความหนืด Brookfield เข็มวัด T-B ที่บริษัทมีไม่สามารถวัดความหนืดช่วงต่ำมากได้ ถ้าต้องการทราบความหนืดอาจต้องเลือกเครื่องที่สามารถวัดความหนืดระดับต่ำๆ เช่น Ubbelohde viscometer

จากตารางที่ 4.2 และ 4.3 พบว่าค่าความเป็นกรด-เบส และลักษณะทางกายภาพของสารผสมไม่ขึ้นกับเวลาในการปั่นผสม ดังนั้นถ้าจะใช้เวลาในการปั่นผสมในถังผสมย่อยที่ 1 และ 2 น้อยกว่า 10 นาที ก็อาจทำได้และยังใช้พลังงานน้อยกว่า อย่างไรก็ดีเนื่องจากแผนกวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ของบริษัทได้เคยทดสอบว่าการปั่นผสม 10 นาที เหมาะสมกับกระบวนการผลิต ประกอบกับเวลาที่ใช้ในการปั่นผสมในถังผสมย่อยนี้ อยู่ในช่วงเวลาคาบเกี่ยวของเวลาและการทำกิจกรรมอื่นในกระบวนการผลิต จึงไม่ส่งผลต่อรอบเวลาการผลิต ดังนั้นจะใช้เวลา 10 นาที

การทดลองที่ 3 ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิของสารหล่อเย็นและอุณหภูมิของสารละลายคลอรีนที่เติมในถังผสมหลักต่อรอบเวลาการผสมวัตถุดิบ

เวลาช่วงการลดอุณหภูมิในถังผสมหลักจาก 75 องศาเซลเซียส เหลือ 48 องศาเซลเซียส ของผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมซันซิล สูตร Blackshine แสดงในตารางที่ ก.4 ในภาคผนวก ก.

สมมุติฐาน: อุณหภูมิของสารหล่อเย็น อุณหภูมิในถังผสมก่อนเติมสารละลายคลอรีน และอุณหภูมิของสารละลายคลอรีนที่เติมในถังผสมหลักมีผลต่อรอบเวลาการผสมวัตถุดิบคือ เวลาช่วงการลดอุณหภูมิในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบหรือไม่ โดยใช้การทดลองต่างๆ ดังนี้

สภาวะที่ใช้อยู่: ของเหลวที่ใช้หล่อเย็นผ่านเปลือกหุ้ม คือ น้ำหล่อเย็นอุณหภูมิ 5-8 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของสารละลายคลอรีนที่เติมในถังผสมหลัก คือ 35 องศาเซลเซียส

สภาวะที่ 1: ของเหลวที่ใช้หล่อเย็นผ่านเปลือกหุ้ม คือ น้ำหล่อเย็นอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของสารละลายคลอรีนที่เติมในถังผสมหลัก คือ 20 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะที่ 2: ของเหลวที่ใช้หล่อเย็นผ่านเปลือกหุ้ม คือ น้ำหล่อเย็นอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของสารละลายคลอรีนที่เติมในถังผสมหลัก คือ 35 องศาเซลเซียส

สภาวะที่ 3: ของเหลวที่ใช้หล่อเย็นผ่านเปลือกหุ้ม คือ สารละลายคลอรีนอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของสารละลายคลอรีนที่เติมในถังผสมหลัก คือ 20 องศาเซลเซียส

สภาวะที่ 4: ของเหลวที่ใช้หล่อเย็นผ่านเปลือกหุ้ม คือ สารละลายคลอรีนอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของสารละลายคลอรีนที่เติมในถังผสมหลัก คือ 33 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิในถังผสมก่อนเติมสารละลายคลอรีนของแต่ละกรณีที่ทดสอบและผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบอิทธิพลของอุณหภูมิของสารหล่อเย็นและอุณหภูมิของสารละลายคลอรีนที่เติมในถังผสมหลักต่อเวลาในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบ

สารหล่อเย็นที่ใช้ในเปลือกหุ้ม		สภาวะที่ใช้อยู่	1	2	3	4
		น้ำหล่อเย็น อุณหภูมิ 5-8 °ซ	น้ำหล่อเย็น อุณหภูมิ 20 °ซ	น้ำหล่อเย็น อุณหภูมิ 20 °ซ	สารละลายคลอรีน อุณหภูมิ 30 °ซ	สารละลายคลอรีน อุณหภูมิ 30 °ซ
อุณหภูมิในถังผสมหลักก่อนเติมสารละลายคลอรีน (°ซ)		56.6	63.5	56.6	63.6	55.5
อุณหภูมิของสารละลายคลอรีนที่เติมในถังผสมหลัก (°ซ)		35	20	35	20	33
ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิในถังผสมหลักก่อนเติมสารละลายคลอรีนกับอุณหภูมิของสารละลายคลอรีนที่เติมในถังผสมหลัก (°ซ)		21.6	43.5	21.6	43.6	22.5
เวลาช่วงการลดอุณหภูมิจาก 75 °ซ ถึง 48 °ซ (นาที)		50	33	53	38	64
ความหนืด[1] (เซนติพอยส์)	หลังผสมเสร็จ	19,840	18,360	19,960	15,320	19,240
	ทิ้งไว้ 1 คืน	18,100	24,160	18,120	18,280	19,160
	ทิ้งไว้ 1 สัปดาห์	18,000	24,080	18,520	17,640	17,880
ความหนืด[2] (เซนติพอยส์)	หลังผสมเสร็จ	8,010	7,480	8,320	6,240	7,860
	ทิ้งไว้ 1 คืน	7,860	9,140	7,720	7,560	7,780
	ทิ้งไว้ 1 สัปดาห์	7,630	8,840	7,880	7,500	7,680
ความเป็นกรด-เบส	หลังผสมเสร็จ	5.35	5.25	5.19	5.11	5.03
	ทิ้งไว้ 1 คืน	5.24	5.18	5.10	5.01	5.06
	ทิ้งไว้ 1 สัปดาห์	5.1	5.03	5.01	4.92	4.89

หมายเหตุ 1. วัดค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องวัดความหนืด Brookfield ใช้เข็มวัด T-B ความเร็วรอบ 10 รอบต่อนาที (เป็นวิธีตรวจสอบตามมาตรฐานการปฏิบัติงาน)

2. วัดค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องวัดความหนืด Brookfield ใช้เข็มวัด RVT#5 ความเร็วรอบ 20 รอบต่อนาที

3. มาตรฐานของคุณภาพผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมซัลซิล สูตร Blackshine คือ

ความหนืด = 17,000-30,000 เซนติพอยส์ (เครื่องวัดความหนืด Brookfield เข็มวัด T-B ความเร็วรอบ 10 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส)

ค่าความเป็นกรด-เบส มีค่ามาตรฐานของคุณภาพผลิตภัณฑ์ คือ 4.5 - 5.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.4 อุณหภูมิของของเหลวหล่อเย็นในเปลือกหุ้มของถังผสม และอุณหภูมิของสารละลายคลอรีนที่เติมในถังผสมหลักมีผลต่อการลดอุณหภูมิในถังผสมหลักจาก 75 องศาเซลเซียส เป็น 48 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบผลของสภาวะที่ใช้อยู่กับสภาวะการทดลองที่ 1 และ 3 พบว่าการลดอุณหภูมิของสภาวะการทดลองที่ 1 เร็วที่สุด คือใช้เวลาเพียง 33 นาที เนื่องจากการเติมสารละลายคลอรีนที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ทำให้ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิในถังผสมหลักก่อนเติมสารละลายคลอรีนกับอุณหภูมิของสารละลายคลอรีนที่เติมในถังผสมหลักมากจึงเกิดการถ่ายเทความร้อนเร็ว ทั้งนี้จะเห็นว่าอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นมีผลต่อการลดอุณหภูมิในถังผสมหลักจาก 75 องศาเซลเซียส เป็น 48 องศาเซลเซียสน้อยกว่าการเปลี่ยนอุณหภูมิของสารละลายคลอรีนที่เติมในถังผสมหลักจาก 35 องศาเซลเซียส เป็น 20 องศาเซลเซียส ดังนั้นจากผลการทดลองในหน่วยทดลองผลิตนี้แสดงความเป็นไปได้ในการลดเวลาในช่วงการลดอุณหภูมิในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบได้มากที่สุดเท่ากับ 50-33 = 17 นาทีโดยที่ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงาน

จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ตารางที่ 4.1 และ 4.4 คำนวณเวลาในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมแต่ละชนิดดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 เวลาในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ครีมนวดผม

ผลิตภัณฑ์	เวลาในการผสมวัตถุดิบก่อนการทดลอง (นาที)	เวลาในการผสมวัตถุดิบหลังการทดลอง (นาที)	เวลาที่ลดลง (นาที)	เปอร์เซ็นต์ของเวลาที่ลดลง (%)
ครีมนวดผมโดฟ สูตร Moistureterapy	245	220	25	10.20
ครีมนวดผมซันซิล สูตร Blackshine	210	193	17	8.09

มีโอกาสที่จะลดเวลาในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบซึ่งคือส่วนหนึ่งของรอบเวลาในการผสมวัตถุดิบและรอบเวลาการผลิตของผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมโดฟ สูตร Moisturetherapy และครีมนวดผมซันซิล สูตร Blackshine ได้ ร้อยละ 10 และ 8 ตามลำดับ ผลนี้สอดคล้องกับเป้าหมายการดำเนินงานที่ต้องการลดรอบเวลาในการผสมวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ลง 10%

ต้นทุนค่าเสียโอกาสที่จะได้จากการใช้เวลาที่ลดลงในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดเพิ่ม แสดงดังตารางที่ 5.2 และต้นทุนค่าเสียโอกาสจากค่าจ้างแรงงาน แสดงดังตารางที่ 5.3 ตัวอย่างการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข.

ตารางที่ 5.2 ต้นทุนค่าเสียโอกาสที่จะได้จากการผลิตผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมโดฟ สูตร Moisturetherapy และครีมนวดผมซันซิล สูตร Blackshine เพิ่ม

ผลิตภัณฑ์	ต้นทุนค่าเสียโอกาส (บาท / ปี)
ครีมนวดผมโดฟ สูตร Moistureterapy	3.672 AB
ครีมนวดผมซันซิล สูตร Blackshine	2.914 AC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 ต้นทุนค่าเสียโอกาสจากค่าจ้างแรงงาน

ผลิตภัณฑ์	ค่าจ้างแรงงาน (บาท/ชั่วโมง)	เวลาที่ลดลง (นาที)	จำนวน (บาท/ชั่วโมง)
ครีมนวดผมโดฟ สูตร Moistureterapy	78.75	25	32.81
ครีมนวดผมซันซิล สูตร Blackshine		17	22.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล. **การออกแบบอุปกรณ์ในวิศวกรรมเคมี.** กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย- ญี่ปุ่น). 2541.

[2] วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล. **อุปกรณ์การผลิตในอุตสาหกรรมเคมี.** กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 2543.

[3] McCabe W.L., Smith J.C. and Harriott P. **Unit Operations of Chemical Engineering.** 6th ed. Singapore: McGraw-Hill. 2001.

[4] Christie J. Geankoplis. **Transport Processes and Separation Process Principles.** 4th ed. Prentice-Hall. 2003.

[5] "**Viscous Liquid**" [Online]. Available: http://www.freepatentsonline.com/5968542.htm

[6] บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮล์ดิ้งส์ จำกัด. **เอกสารวิธีการทำงานในการผลิตผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมโดฟ สูตร Moisturetherapy**. บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮล์ดิงส์ จำกัด. 2548.

[7] บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮล์ดิ้งส์ จำกัด. **เอกสารวิธีการทำงานในการผลิตผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมซันซิล สูตร Blackshine**. บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮล์ดิงส์ จำกัด. 2548.

[8] "**Physical Properties of Liquid**" [Online]. Available: http://uk.geocities.com/krai3/Lecture5.htm

[9] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. "**เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น**" [Online]. Available: **http://www.9engineer.com**

[10] คริษฐา อิ่มเอิบ และ ณัฐนนท์ ไพบูลย์ศิลป์. **"การเพิ่มความสามารถในการผลิตสินค้าประเภทผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ส่วนบุคคลด้วยการบำรุงรักษาเชิงทวีผลโดยรวม"** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2547.

[11] วันรัตน์ จันทกิจ. **17 เครื่องมือนักคิด**. กรุงเทพฯ : สถาบันผลผลิตแห่งชาติ. 2547.

[12] บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮล์ดิ้งส์ จำกัด. "**กลไกการทำความสะอาดของครีมนวดผม**" [Online]. Available: **http://www.unilevernetwork-th.com**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. ข้อมูลรอบเวลาการผสมวัตถุดิบก่อนการดำเนินงานของผลิตภัณฑ์ครีมนวดผม โดฟ สูตรMoisturetherapy และครีมนวดผมซันซิล สูตร Blackshine

ภาคผนวก ข. การคำนวณต้นทุนค่าเสียโอกาส และต้นทุนค่าเสียโอกาสจากค่าจ้างแรงงานในหน่วยผลิต Rainbow ที่จะได้จากการผลิตผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมโดฟ สูตร Moisturetherapy และครีมนวดผมซันซิล สูตร Blackshine

ภาคผนวก ค. การคำนวณต้นทุนปฏิบัติการเมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิของสารละลายคลอรีนที่เติมในถังผสมหลัก จาก 35 °ซ เป็น 20 °ซ

ภาคผนวก ง. การวิเคราะห์เพื่อควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ครีมนวดผม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ข้อมูลรอบเวลาการผสมวัตถุดิบก่อนการดำเนินงานของผลิตภัณฑ์ครีมนวดผม

โดฟ สูตรMoisturetherapy และครีมนวดผมซันซิล สูตร Blackshine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 รอบเวลาการผสมวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมโดฟ สูตร Moisturetherapy

(1 มิถุนายน 2548 - 30 กันยายน 2548)

กะที่	เวลาการผสมวัตถุดิบ (นาที)	รอบเวลาการผสมวัตถุดิบ (นาที)*
1	234	424
2	234	424
3	196	386
4	228	418
5	263	453
6	225	415
7	232	422
8	241	431
9	235	425
10	247	437
11	240	430
12	253	443
13	310	500
14	201	391
15	272	462
16	298	488
เฉลี่ย	245	435

หมายเหตุ * รวมเวลา

การเตรียมและชั่งวัตถุดิบใช้เวลาประมาณ 120 นาที

การตรวจสอบและปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ใช้เวลาประมาณ 60 นาที

การถ่ายผลิตภัณฑ์เข้าถังเก็บผลิตภัณฑ์ใช้เวลาประมาณ 10 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 เวลาในแต่ละขั้นตอนย่อยของการผสมผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมโดฟ สูตร Moisturetherapy (1 มิถุนายน 2548 - 30 กันยายน 2548)

กะที่	เวลาการผสม (นาที)							
	ถังผสมรอง	ถังผสมย่อย 1	ถังผสมหลัก (ช่วงลดอุณหภูมิเหลือ 58°ซ)	ถังผสมหลัก (ช่วงลดอุณหภูมิเหลือ 48°ซ)	ถังผสมย่อย 2	ถังผสมย่อย 3	ถังผสมย่อย 4	ถังผสมหลัก (ช่วงสุดท้ายของการผสม)
1	49	56	56	14	120	80	89	36
2	52	55	55	2	89	48	52	35
3	45	53	58	14	105	83	88	35
4	34	52	49	13	135	132	137	36
5	53	69	58	12	129	87	98	35
6	49	75	50	12	136	133	135	34
7	47	103	58	12	114	115	107	35
8	55	79	58	13	82	68	60	35
9	53	72	58	12	100	57	49	36
10	55	62	51	13	81	89	97	36
11	50	72	52	13	85	77	26	36
12	56	72	58	12	142	50	56	35
13	56	76	85	12	112	32	61	35
14	44	66	52	12	108	53	36	35
15	50	83	53	13	60	27	31	34
16	54	125	53	12	127	18	22	35
เฉลี่ย	50	73	57	12	108	72	72	35

หมายเหตุ เวลาในแต่ละขั้นตอนย่อยของการผสมผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมโดฟ สูตร Moisturetherapy จะมีช่วงเวลาที่คาบเกี่ยวกันอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 รอบเวลาการผสมวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมซันซิล สูตร Blackshine (29 ธันวาคม 2548 - 8 มีนาคม 2549)

กะที่	เวลาการผสมวัตถุดิบ (นาที)	รอบเวลาการผสมวัตถุดิบ (นาที)*
1	224	399
2	242	417
3	187	362
4	214	389
5	192	367
6	191	366
7	213	388
8	180	355
9	230	405
10	220	395
11	191	366
12	230	405
13	184	359
14	260	435
15	200	375
16	241	416
17	170	345
18	200	375
19	237	412
20	203	378
21	175	350
เฉลี่ย	210	385

หมายเหตุ * รวมเวลา

การเตรียมและชั่งวัตถุดิบใช้เวลาประมาณ 120 นาที

การตรวจสอบและปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ใช้เวลาประมาณ 45 นาที

การถ่ายผลิตภัณฑ์เข้าถังเก็บผลิตภัณฑ์ใช้เวลาประมาณ 10 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 เวลาในการลดอุณหภูมิในถังผสมหลักของผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมชันชิล สูตร Blackshine (29 ธันวาคม 2548 - 8 มีนาคม 2549) ก่อนการทดลอง

กะ	เวลาที่ใช้ (นาที)	
	ช่วงลดอุณหภูมิเหลือ 58 °ซ	ช่วงลดอุณหภูมิเหลือ 48 °ซ
1	29	12
2	21	12
3	31	13
4	49	21
5	33	18
6	31	16
7	53	16
8	27	23
9	64	17
10	58	20
11	28	20
12	60	17
13	30	19
14	60	18
15	53	18
16	52	30
17	21	13
18	32	20
19	65	26
20	33	23
21	22	18
เฉลี่ย	41	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

การคำนวณต้นทุนค่าเสียโอกาสของผลิตภัณฑ์ครีมนวดผม โดฟ สูตร Moisturetherapy และครีมนวดผมซันซิล สูตร Blackshine

ภาคผนวก ข.1 ต้นทุนค่าเสียโอกาสที่จะได้รับจากการผลิตเพิ่ม

ภาคผนวก ข.2 ต้นทุนค่าเสียโอกาสจากค่าจ้างแรงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.1 ต้นทุนค่าเสียโอกาสที่จะได้รับจากการผลิตเพิ่ม

ข้อมูลการผลิตผลิตภัณฑ์ครีมนวดผม

- ถังผสมหลัก 1 ถัง ผสมผลิตภัณฑ์ได้ 3 ตัน
- ต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมเท่ากับ A บาท/ตัน

ครีมนวดผมโดฟ สูตร Moisturetherapy

- มีการผลิต B ถัง/ เดือน
- ก่อนการทดลอง 1 กะ ใช้เวลาเฉลี่ยในการผสมวัตถุดิบ 245 นาที
- เวลาการผสมวัตถุดิบในช่วงการลดอุณหภูมิจาก 75- 48°ซ ก่อนการทดลอง 69 นาที
- เวลาการผสมวัตถุดิบในช่วงการลดอุณหภูมิจาก 75- 48°ซ หลังการทดลอง 44 นาที

ดังนั้นเวลาลดลง

= 69 – 44 นาที / การผสม 1 ถัง

= 25 นาที / การผสม 1 ถัง

ดังนั้นถ้านำเวลาที่สามารถลดได้มาผลิตเพิ่มจะผลิตได้

= (25 x B x 12)/245

= 1.224 B ถัง / ปี

เทียบเป็นปริมาณการผลิต

= 1.224 B ถัง / ปี × 3 ตัน / ถัง

= 3.672 B ตัน/ปี

คิดเป็นมูลค่าต้นทุนค่าเสียโอกาส

= 3.672 B ตัน/ปี x A บาท / ตัน

= 3.672 AB บาท / ปี

ครีมนวดผมซัลซิล สูตร Blackshine

- มีการผลิต C ถัง/ เดือน
- ก่อนการทดลอง 1 กะ ใช้เวลาเฉลี่ยในการผสมวัตถุดิบ 210 นาที
- เวลาการผสมวัตถุดิบในช่วงการลดอุณหภูมิจาก 75- 48°ซ ก่อนการทดลอง 50 นาที
- เวลาการผสมวัตถุดิบในช่วงการลดอุณหภูมิจาก 75- 48°ซ หลังการทดลอง 33 นาที

ดังนั้นเวลาลดลง

= 50 – 33 นาที / การผสม 1ถัง

= 17 นาที / การผสม 1ถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นถ้านำเวลาที่สามารถลดได้มาผลิตเพิ่มจะผลิตได้

$= (17 \times C \times 12)/210$

$= 0.971\ C$ ถังผสม / ปี

เทียบเป็นปริมาณการผลิต

$= 0.971$ C ถัง / ปี $\times$ 3 ตัน / ถัง

$=2.914$ C ตัน/ปี

คิดเป็นมูลค่าต้นทุนค่าเสียโอกาส

$= 2.914$ C ตัน/ปี x A บาท / ตัน

$= 2.914$ AC บาท / ปี

ข.2 ต้นทุนค่าเสียโอกาสจากค่าจ้างแรงงาน

ใน 1 กะ มี 8 ชั่วโมง ใช้พนักงานผสม 3 คน

ค่าแรงพนักงานเฉลี่ยต่อคนเท่ากับ 210 บาท / กะ

ดังนั้น ค่าแรงพนักงานเฉลี่ยต่อชั่วโมง $= 210/8$ บาท/ชั่วโมง

$= 26.25$ บาท/ชั่วโมง

และ ค่าแรงพนักงานผสมทั้งหมด $= 3 \times 26.25$ บาท/ชั่วโมง

$= 78.75$ บาท/ชั่วโมง

เวลาช่วงการลดอุณหภูมิจาก 75- 48°ซ ที่ลดลงเท่ากับ 25 นาที ซึ่งก่อนการทดลองคือเวลาสูญเสีย

ดังนั้นต้นทุนค่าเสียโอกาสจากค่าจ้างแรงงาน

$= \frac{25}{60} \times 78.75$ บาท/ชั่วโมง

$= 32.81$ บาท/ชั่วโมง

เวลาช่วงการลดอุณหภูมิจาก 75- 48°ซ ที่ลดลงเท่ากับ 17 นาที ซึ่งก่อนการทดลองคือเวลาสูญเสีย

ดังนั้นต้นทุนค่าเสียโอกาสจากค่าจ้างแรงงาน

$= \frac{17}{60} \times 78.75$ บาท/ชั่วโมง

$= 22.31$ บาท/ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

การคำนวณต้นทุนปฏิบัติการเมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิของสารละลายคลอรีนที่เติมในถังผสมหลัก จาก 35 °ซ เป็น 20 °ซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. การคำนวณต้นทุนปฏิบัติการเมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิของสารละลายคลอรีนที่เติมในถังผสมหลัก จาก 35 °ซ เป็น 20 °ซ

1. ต้นทุนค่าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นรวมค่าติดตั้งอุปกรณ์ เท่ากับ 79,530 บาท

2. ต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้า

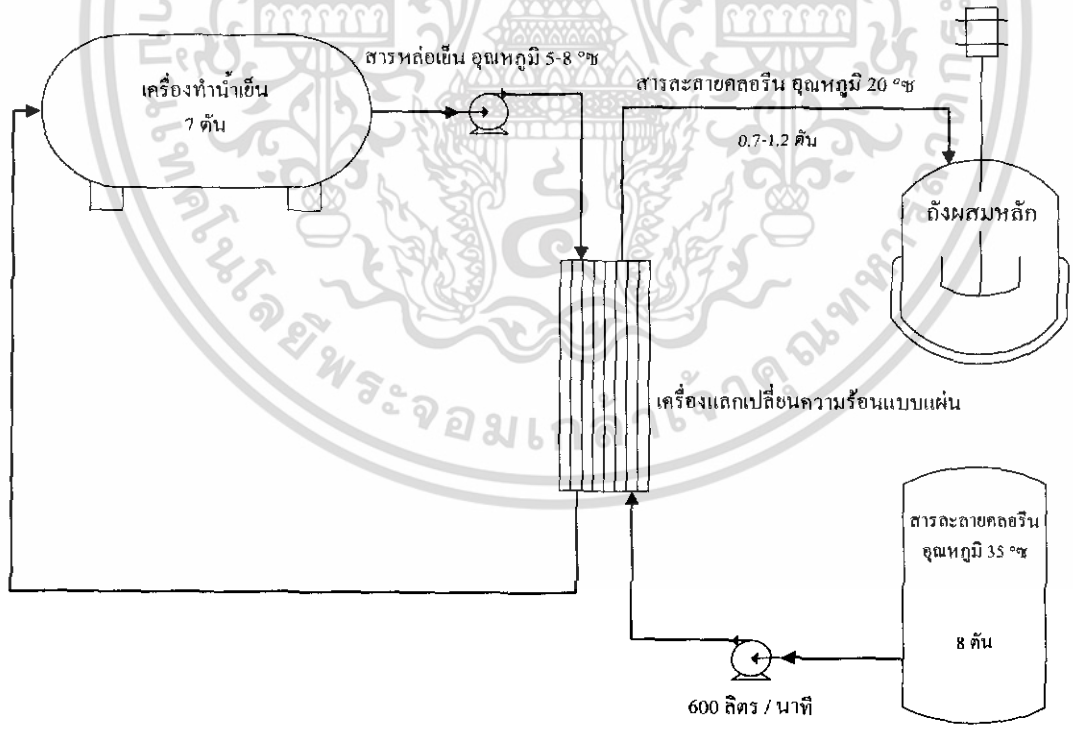
- ค่าอัตราการถ่ายเทพลังงานความร้อนรวม (Total rate of heat transfer : Q) ของระบบทำสารละลายคลอรีนอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส โดยใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น คือ 315.437 กิโลวัตต์

- ต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้าของหน่วยผลิต Rainbow เท่ากับ 2.89 บาท /วัตต์

- เวลาที่ใช้ในการลดอุณหภูมิของสารละลายคลอรีนจากอุณหภูมิ 35 °ซ เป็น 20 °ซ เท่ากับ 14 นาที หรือ 0.233 ชั่วโมง

ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการเปลี่ยนอุณหภูมิของสารละลายคลอรีน ที่เติมในถังผสมหลัก จากอุณหภูมิ 35 °ซ เป็น 20 °ซ คือ

2.89 บาท / กิโลวัตต์ ชั่วโมง x 0.233 ชั่วโมง x 315.437 กิโลวัตต์ = 212.41 บาท / การผสมวัตถุดิบ 1 รอบ



รูปที่ ค.1 ระบบทำสารละลายคลอรีนอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส โดยใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

การวิเคราะห์เพื่อควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ครีมนวดผม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง. การวิเคราะห์เพื่อควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ครีมนวดผม

การวิเคราะห์ค่าร้อยละของประจุบวกในผลิตภัณฑ์ (% Active Ingredient)

หลักการ

การวิเคราะห์ค่าร้อยละของประจุบวกในผลิตภัณฑ์ ใช้หลักการไทเทรตแบบย้อนกลับ (Back titration) โดยเติมสารละลายมาตรฐานที่มีประจุลบ ได้แก่ สารละลาย Sodium Lauryl Sulphate (SLS) ลงไปจนมากเกินพอแล้วใช้สารละลายไฮยามีน 1622 ในการไทเทรตหาปริมาตร SLS ส่วนที่เหลือ แล้วนำไปแทนค่าในสูตร

การไทเทรตแบบย้อนกลับนี้ต้องทำ Blank เพื่อใช้ในการคำนวณด้วย

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$\% \text{ AI} = [(V_b - V_s) \times M \times Mw]/W$$

โดย V_b = ปริมาตรของสารละลายไฮยามีน 1622 ที่ใช้ในการไทเทรต Blank หรือ *สารทดสอบ ไร้สิ่งตัวอย่าง (มิลลิลิตร)*

V_s = ปริมาตรของสารละลายไฮยามีน 1622 ที่ใช้ในการไทเทรต (มิลลิลิตร)

M = ความเข้มข้นของสารละลายไฮยามีน 1622 (โมล)

M_w = มวลโมเลกุลของ Cationic active matter

W = น้ำหนักสารตัวอย่าง (กรัม)

วิธีการวิเคราะห์ค่า % AI

1. ชั่งผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง 2-3 กรัม ละลายในน้ำ ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร
2. ปิเปตผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ใส่ขวดไทเทรต
3. ปิเปต SLS 10 มิลลิลิตร ใส่ในตัวอย่าง
4. เติม Acid indicator 10 มิลลิลิตร
5. เติมสารละลายคลอโรฟอร์ม 15 มิลลิลิตร
6. ไทเทรตกับสารละลายไฮยามีนความเข้มข้น 0.004 โมล จดปริมาตรเมื่อถึงจุดยุติ
7. ทำการทดสอบไร้สิ่งตัวอย่าง ตามขั้นตอน 3-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด – เบส (pH)

หลักการ

ค่าความเป็นกรด – เบส ของผลิตภัณฑ์ครีมนวดผมโดฟ สูตร Moisturetherapy และครีมนวดผมซันซิล สูตร Blackshine ตามข้อกำหนดเท่ากับ 4.5-5.5

การวัดค่าความเป็นกรด – เบส ด้วยพีเอชมิเตอร์ คือ การวัดค่าความต่างศักย์ของสารด้วยอิเล็กโทรด (Electrode) ในการวัดค่าความเป็นกรด – เบส จะต้องตรวจเทียบประจำวัน (Daily check) เพื่อตรวจสอบการทำงานและความถูกต้องของเครื่องที่สภาวะที่ใช้งาน ดังนี้

- หากสารตัวอย่างมีสภาพเป็นกรด ใช้สารละลายบัฟเฟอร์ความเป็นกรด – เบส 4 และ 7 ในการเทียบมาตรฐานเครื่อง (Calibration) เพื่อให้ครอบคลุมช่วงของความเป็นกรด – เบส ที่ต้องการวัด

- หากสารตัวอย่างมีสภาพเป็นเบส ใช้สารละลายบัฟเฟอร์ความเป็นกรด – เบส 7 และ 10 ในการเทียบมาตรฐานเครื่องเพื่อให้ครอบคลุมช่วงของความเป็นกรด – เบส ที่ต้องการวัด

โดยทั่วไป สารละลายบัฟเฟอร์ที่ใช้ในการเทียบมาตรฐานเครื่องมีทั้งแบบมีสีและไม่มีสี ขึ้นกับบริษัทที่ผลิต ถ้าเป็นชนิดที่มีสี เช่น

สารละลายบัฟเฟอร์ที่มีค่าความเป็นกรด – เบส เท่ากับ 4 มีสีชมพู

สารละลายบัฟเฟอร์ที่มีค่าความเป็นกรด – เบส เท่ากับ 7 มีสีเหลือง

สารละลายบัฟเฟอร์ที่มีค่าความเป็นกรด – เบส เท่ากับ 10 มีสีฟ้า

ในการเทียบมาตรฐานเครื่องแต่ละครั้งจะได้ค่า % slope ซึ่งเป็นค่าที่บอกสภาพการทำงานของเครื่องว่ามีความถูกต้องอยู่ในช่วงที่สามารถยอมรับได้หรือไม่ % slope ที่สามารถยอมรับได้สำหรับเครื่อง GC 840 จะต้องอยู่ในช่วง 92-102 % สำหรับเครื่อง Orion 720 จะต้องอยู่ในช่วง 55-60 % หาก % slope ไม่อยู่ในช่วงดังกล่าว จะต้องทำความสะอาดอิเล็กโทรด แล้วจึงเทียบมาตรฐานเครื่องใหม่อีกครั้ง

การทำความสะอาดอิเล็กโทรด ทำโดยแช่อิเล็กโทรดใน 0.1 M HCL หรือ 0.1 M HNO_3 30 นาที จากนั้นแช่ใน 0.1 M NaOH 10 นาที และนำไปเปลี่ยนสารละลายอิเล็กโทรไลต์

ข้อควรระวัง

ควรล้างอิเล็กโทรดด้วยน้ำกลั่นทุกครั้งที่มีการวัดและซับด้วยกระดาษทิชชู

วิธีการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด – เบส

1. ใส่ผลิตภัณฑ์ตัวอย่างลงในบีกเกอร์
2. เทียบมาตรฐานพีเอช มิเตอร์
3. จุ่มอิเล็กโทรดลงในผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง และอ่านค่าความเป็นกรด – เบส
4. บันทึกผล
5. แช่อิเล็กโทรด ใน pH storage solution

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ค่าความหนืด

หลักการ

ความหนืด คือ ความสามารถในการต้านทานการไหล ของเหลวใดที่มีความหนืดมากจะมีความสามารถในการต้านทานการไหลสูงกว่าของเหลวใดที่มีความหนืดน้อย

ของเหลวนิวโทเนียน คือ ของเหลวที่ความหนืดไม่ขึ้นกับอัตราการเฉือน (Shear rate)

ของเหลวนอนนิวโทเนียน คือ ของเหลวที่ความหนืดแปรตามอัตราการเฉือน

ปัจจัยที่มีผลต่อความหนืด ได้แก่

1. อุณหภูมิ
2. ชนิดของสาร
3. ความเร็วรอบของเข็มวัดความหนืด
4. ชนิดของเข็มวัดความหนืด
5. การเกิดฟองขณะวัด

ในงานนี้ใช้เครื่องวัดความหนืด Brookfield ด้วยเข็มวัดความหนืด T-B และ RVT#5

วิธีการวิเคราะห์ค่าความหนืด โดยใช้เครื่องวัดความหนืด Brookfield

1. ใส่สารตัวอย่างลงในบีกเกอร์
2. ปิดบีกเกอร์ด้วยกระดาษ Foil
3. นำบีกเกอร์ที่ใส่สารตัวอย่างแช่ในอ่างน้ำอุณหภูมิ 30 °ซ เป็นเวลา 30 นาที
4. ติดตั้งเข็มวัดความหนืด เปิดเครื่องวัดความหนืด ปรับความเร็วรอบเข็มวัดความหนืดและตั้งเวลาในการวัดความหนืด ตามที่กำหนด
5. ใช้พายปาดหน้าสารตัวอย่างก่อนวัดค่าความหนืด
6. การอ่านค่าความหนืด

ข้อควรระวังใน การใช้เครื่องวัดความหนืด Brookfield

1. ใส่เข็มวัดความหนืดให้ตรงล็อกพอดี ปรับความเร็วรอบของเข็มวัดความหนืด 10 รอบต่อนาที เริ่มจับเวลา ณ จุดที่เข็มวัดความหนืดสัมผัสผิวสารตัวอย่าง
2. ไม่วางเครื่องวัดความหนืดในที่ที่อุณหภูมิสูงกว่า 75 °ซ
3. ขณะเข็มวัดติดอยู่กับเครื่องวัดความหนืด ไม่ควรผลักหรือดันเข็มแรงๆ และไม่ดึงเข็มวัดออกจากเครื่อง
4. อย่าให้เข็มวัดหรือแกนเข็มวัดกระแทกกับภาชนะที่ใส่ตัวอย่าง
5. ใส่เข็มวัดติดกับเครื่องและหมุนเข็มตามเข็มนาฬิกา
6. ก่อนใช้เครื่องวัดความหนืดควรปรับระดับลูกน้ำก่อนเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้