



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การลดพลังงานของหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศโดยการลดความดันไอน้ำตัวพา

Energy conservation of a vacuum steam ejector
through reducing motive steam pressure

นายอิงควรรธ ไชยสุวรรณ

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา	การลดพลังงานของหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศโดยการลดความดันไอน้ำตัวพา
ชื่อ-สกุล นักศึกษา	นายอัครวรรช ไชยสุวรรณ
คณะ วิศวกรรมศาสตร์	ภาควิชา วิศวกรรมเคมี
ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ	ผศ.ศิริพันธ์ มุรธาธัญลักษณ์
ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน	นายวิระชัย ปาโท (ผู้จัดการฝ่ายผลิต)
สถานประกอบการ	บริษัท ทีเอส อุตสาหกรรมน้ำมัน จำกัด

บทคัดย่อ

โครงการสหกิจศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณการใช้ไอน้ำตัวพาในระบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศแบบหลายชั้น (multistage steam jet ejector vacuum systems) ภายในกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มบริโภค ของบริษัท ทีเอส อุตสาหกรรมน้ำมัน จำกัด จากการศึกษาการใช้พลังงานภายในกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มบริโภคภายในบริษัท พบว่ามีการใช้พลังงานจากถ่านหินสูงเป็นอันดับสองของการใช้พลังงานทั้งหมดในบริษัท ถ่านหินจะถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำและไอน้ำส่วนใหญ่ถูกใช้เป็นไอน้ำตัวพาภายในระบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศแบบหลายชั้น การสูญเสียพลังงานของระบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศแบบหลายชั้นเกิดจากความดันไอของไอน้ำตัวพามีค่า 12 บาร์ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าการออกแบบเพื่อรักษาความดันสุญญากาศภายในหอกำจัดกลิ่น จากการศึกษาสาเหตุพบว่าหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศชั้นสุดท้ายมีประสิทธิภาพที่ลดลง จึงได้มีการแทนที่ด้วยหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศอันใหม่ พบว่าถ้าต้องการลดการใช้ปริมาณไอน้ำตัวพาของระบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศแบบหลายชั้น สามารถลดได้โดยลดความดันไอน้ำตัวพาให้ใกล้เคียงกับค่าการออกแบบ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อความดันสุญญากาศภายในหอกำจัดกลิ่น จากการศึกษาพบว่า สามารถลดความดันไอน้ำตัวพาได้ใกล้เคียงค่าการออกแบบมากที่สุดอยู่ที่ 10 บาร์ โดยทำการลดความดันไอน้ำตัวพาจาก 12 ลดลงเหลือ 11 10.5 และ 10 บาร์ตามลำดับและที่ความดันไอน้ำตัวพา 10 บาร์สามารถลดปริมาณไอน้ำต่อปริมาณ CPO ได้อยู่ที่ 0.052 ตันไอน้ำต่อตัน CPO เมื่อเทียบกับการใช้ความดันไอน้ำตัวพา 12 บาร์ ซึ่งสามารถลดต้นทุนการผลิตได้ 1.7 ล้านบาทต่อปี

Cooperative Title: Energy conservation of a vacuum steam ejector through reducing motive steam pressure

Student intern name: Inkawat Chaisuwan

Faculty: Engineering **Department:** Chemical Engineering

Advisor name: Asst. Prof. Siripan Murathathunyaluk

Mentor name: Mr. Virachai Pato

Company: TS Oil Industry Co., Ltd.

Abstract

The objective of this cooperative education project was to reduce motive steam consumption in multistage steam jet ejector vacuum systems in the refined palm oil production process of TS Oil Industry Co., Ltd. The study of energy consumption in the refined palm oil production process in the company found that the energy consumption from coals is the second highest of all energy usage in the company. Coals are used as a fuel for steam production, and most of the steam is used as motive steam in multistage steam jet ejector vacuum systems. The energy loss of multistage steam jet ejector vacuum systems are caused by the motive steam pressure of 12 bar, which is higher than the design condition to maintain the vacuum in the deodorizer. From the study of the cause, the last stage vacuum steam ejector had poor ejector performance, then replace the last stage vacuum steam ejector by a new vacuum steam ejector. Therefore, if desire to reduce the motive steam consumption of multistage steam jet ejector vacuum systems can be reduced by reducing the motive steam pressure close to the design condition without affecting vacuum in deodorizer. From the operation, motive steam pressure can be reduced to the nearest design condition to 10 bar by reducing motive steam pressure from 12 to 11, 10.5 and 10 bar respectively, and at motive steam pressure of 10 bar can reduce motive steam consumption per CPO by 0.052 ton motive steam per ton CPO compared with motive steam pressure of 12 bar, which can reduce production cost by 1.7 million baht per year

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณบริษัท ที เอส อุตสาหกรรมน้ำมัน จำกัด สำหรับโอกาสในการเข้าร่วมโครงการ สหกิจศึกษาในแผนกระบวนการผลิตในระยะเวลา 4 เดือน

ขอขอบพระคุณ คุณวิระชัย ปาโท หัวหน้าฝ่ายผลิต ที่มอบความรู้ คำแนะนำ และแนวคิด อันเป็นประโยชน์ในการทำโครงการและมอบโอกาสให้นักศึกษาได้มีประสบการณ์ในการทำงาน รวมทั้งพี่เจ้าหน้าที่ภายในบริษัทที่คอยช่วยเหลือด้านข้อมูลและการใช้ห้องปฏิบัติการต่างๆ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ศิริพันธ์ มุรธาธัญลักษณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ สำหรับคำแนะนำ ต่างๆ ตลอดจนช่วยแก้ไขและปรับปรุงโครงการให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

สุดท้ายนี้ผู้ทำโครงการขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนเสมอมา

อิงศวรรธ ไชยสุวรรณ

22 มกราคม 2563



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อ	I
Abstract	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	V
สารบัญภาพ	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 มาตรฐานน้ำมันปาล์ม	3
2.2 กระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มบริโภค	7
2.3 ระบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศ	16
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	23
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานและผลการดำเนินงาน	24
3.1 การศึกษาการใช้พลังงานในกระบวนการกลั่นน้ำมันบริโภค	24
3.2 แนวทางและปฏิบัติการในการลดความดันของไอน้ำตัวพาในระบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศแบบหลายชั้น	26
3.3 ผลการทดลองลดความดันของไอน้ำตัวพาในระบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศแบบหลายชั้น	27
บทที่ 4 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ	30
4.1 สรุปผลการดำเนินงาน	30
4.2 ข้อเสนอแนะ	30
เอกสารอ้างอิง	31
ภาคผนวก	32
ภาคผนวก ก.	33
ข้อมูลดิบ	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันเมล็ดในปาล์ม	3
ตารางที่ 2.2 บัญชีวัตถุเจือปนในอาหาร	8
ตารางที่ 2.3 บัญชีสารปนเปื้อน	11
ตารางที่ 2.4 จุดเด่นและจุดด้อยของกระบวนการกลั่นด้วยวิธีทางกายภาพและเคมี	15
ตารางที่ 2.5 การประเมินผลหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศ	22
ตารางที่ ก. 1 ข้อมูลต่างๆ ในช่วงกระบวนการผลิตภายในเดือนมิถุนายน 2562	34
ตารางที่ ก. 2 ข้อมูลต่างๆ ในช่วงกระบวนการผลิตภายในเดือนกรกฎาคม 2562	35
ตารางที่ ก. 3 ข้อมูลต่างๆ ในช่วงกระบวนการผลิตภายในเดือนสิงหาคม 2562	36
ตารางที่ ก. 4 ข้อมูลต่างๆ ในช่วงกระบวนการผลิตภายในเดือนกันยายน 2562	37
ตารางที่ ก. 5 ข้อมูลต่างๆ ในช่วงกระบวนการผลิตภายในเดือนตุลาคม 2562	37
ตารางที่ ก. 6 ค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ยของบริษัทระหว่างเดือนพฤษภาคม-กันยายน 2562	38
ตารางที่ ก. 7 ปริมาณการใช้ไอน้ำโดยเฉลี่ยภายในบริษัท ระหว่างเดือนพฤษภาคม-กันยายน 2562	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่ 2.1	แผนภาพกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มโดยวิธีทางกายภาพและทางเคมี	7
รูปที่ 2.2	ดินฟอกสี	13
รูปที่ 2.3	แผนภาพแสดงอุณหภูมิกับความดันไอขององค์ประกอบบางชนิดในน้ำมัน	13
รูปที่ 2.4	คุณลักษณะการไหลภายในท่อ	17
รูปที่ 2.5	แผนภาพสมรรถนะการทำงานของหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศ	19
รูปที่ 2.6	ระบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศแบบหลายชั้นภายในแผนกกกลั่น	20
รูปที่ 3.1	ค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ยของบริษัท ทีเอส อุตสาหกรรมน้ำมัน จำกัด ระหว่างเดือนพฤษภาคม-กันยายน 2562	25
รูปที่ 3.2	ปริมาณการใช้ไอน้ำโดยเฉลี่ยภายในบริษัท ทีเอส อุตสาหกรรมน้ำมัน จำกัด ระหว่างเดือนพฤษภาคม-กันยายน 2562	25
รูปที่ 3.3	หัวฉีดไอน้ำสุญญากาศขั้นสุดท้าย	26
รูปที่ 3.4	ปริมาณไอน้ำตัวพาที่ใช้ในแต่ละวันของการทดลองลดความดันไอน้ำตัวพา	27
รูปที่ 3.5	ปริมาณการใช้ไอน้ำต่อปริมาณ CPO ในแต่ละวันของการทดลองลดความดันไอน้ำตัวพา	28
รูปที่ 3.6	ปริมาณการไอน้ำตัวพาต่อปริมาณ CPO ในแต่ละเดือน	29

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบัน ภายใต้สภาวะทางการตลาดที่มีการแข่งขันสูงของกลุ่มธุรกิจน้ำมันพืช การกำหนดราคาขายที่สูงเพื่อให้ได้กำไรสูงสุดนั้นแทบจะเป็นไปไม่ได้ เนื่องจากมีผลผลิตภัณฑ์ของกลุ่มคู่แข่งที่สามารถใช้ทดแทนกันได้และขายในราคาที่ถูกกว่า ดังนั้นการจะได้กำไรสูงสุดผู้ผลิตจึงมุ่งสู่การพยายามลดต้นทุนการผลิตให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ โครงการสหกิจศึกษานี้เป็นความร่วมมือจากบริษัท ทีเอส อุตสาหกรรมน้ำมัน จำกัด ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมน้ำมันพืช ได้แก่ น้ำมันปาล์ม และน้ำมันถั่วเหลือง มีวัตถุประสงค์เพื่อลดค่าใช้จ่ายของบริษัท โดยการลดการใช้ปริมาณไอน้ำตัวพาในระบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศแบบหลายชั้น ด้วยวิธีการลดความดันของไอน้ำตัวพา (motive steam)

กระบวนการผลิตน้ำมันพืชประกอบด้วย 2 แผนกหลัก คือ แผนกก้อนและแผนกแยกไข ในส่วนของแผนกก้อนจะมีการใช้ไอน้ำในรูปของไอน้ำตัวพา ซึ่งได้มาจากหม้อต้มไอน้ำ (boiler) โดยมีเชื้อเพลิง คือ ถ่านหิน ถ่านหินทั้งหมดจะถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงให้กับหม้อต้มไอน้ำซึ่งมีหน้าที่ผลิตไอน้ำเพื่อนำไปใช้ในระบบต่างๆ ภายในบริษัท หนึ่งในนั้นคือไอน้ำที่ถูกนำมาใช้ในแผนกก้อน ไอน้ำในแผนกก้อนส่วนใหญ่จะถูกใช้เป็นไอน้ำความดันปานกลาง โดยไอน้ำความดันปานกลางทั้งหมดจะถูกใช้ในระบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศแบบหลายชั้น (multistage steam jet ejector vacuum systems) ในรูปของไอน้ำตัวพา ซึ่งทำหน้าที่ในการสร้างสุญญากาศให้กับหอกำจัดกลิ่น เพื่อให้ได้สภาวะในการกลั่นแยกกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) ที่เหมาะสมที่สุด ระบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศแบบหลายชั้นจึงเป็นระบบสำคัญที่สุด เนื่องจากถ้าระบบนี้มีปัญหา กระบวนการผลิตจะต้องหยุดลงทันที ดังนั้นการลดพลังงานของหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศโดยการลดความดันไอน้ำตัวพาจะต้องคำนึงถึงความดันสุญญากาศภายในหอกำจัดกลิ่นเป็นอันดับแรก

การลดพลังงานของหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศในโครงการนี้ได้ใช้วิธีการลดความดันของไอน้ำตัวพา โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ผลพหุสาเหตุของความดันของไอน้ำตัวพาในปัจจุบัน ซึ่งแตกต่างจากค่าการออกแบบ หลังจากนั้นจึงทำการทดสอบโดยอ้างอิงจากค่าการออกแบบเพื่อลดความดันของไอน้ำตัวพาให้ได้มากที่สุด โดยไม่ส่งผลกระทบต่อความดันสุญญากาศภายในหอกำจัดกลิ่น

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อลดปริมาณการใช้ไอน้ำตัวพาในระบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศแบบหลายชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1.3.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มบริโภค

1.3.2 ศึกษาการใช้พลังงานในส่วนของการกลั่นน้ำมันปาล์มบริโภค

1.3.3 ศึกษาระบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศ และเก็บข้อมูลที่จำเป็น เช่น ความดันของไอน้ำตัวพา ความดันภายในหอกำจัดกลิ่น กำลังการผลิตในแต่ละวัน

1.3.4 ศึกษาการออกแบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศ และหาสาเหตุของผลต่างของความดันของไอน้ำตัวพาระหว่างค่าออกแบบและค่าใช้จริง

1.3.5 ปรับลดค่าความดันของไอน้ำตัวพาในระบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศแบบหลายชั้นของแผนกกลั่นโดยไม่ส่งผลกระทบต่อความดันสุญญากาศภายในหอกำจัดกลิ่น

1.4 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

1.4.1 ศึกษากระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มบริโภค

1.4.2 ศึกษาแบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศ งานวิจัย และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.4.3 เก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็น เช่น ความดันของไอน้ำตัวพา ความดันภายในหอกำจัดกลิ่น กำลังการผลิตแลปริมาณการใช้ไอน้ำ

1.4.4 ศึกษาสาเหตุของผลต่างของความดันของไอน้ำตัวพาที่ต่างกันระหว่างค่าการออกแบบและค่าที่ใช้ในปัจจุบัน

1.4.5 เสนอแนวทางและปฏิบัติการในการลดความดันของไอน้ำตัวพาในระบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศแบบหลายชั้นของแผนกกลั่นให้บริษัทพิจารณา และนำไปทดสอบ

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

สามารถลดปริมาณการใช้ไอน้ำต่อการผลิต เนื่องจากการลดความดันไอน้ำของไอน้ำตัวพาในระบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศแบบหลายชั้นของแผนกกลั่น ทำให้ค่าใช้จ่ายด้านถ่านหินของบริษัทลดลง

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 มาตรฐานน้ำมันปาล์ม [1]

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม เมื่อปลูกปาล์มเป็นระยะเวลาอันยาวนานจะทำให้สภาพนิเวศที่เสียหายกลับคืนสู่สภาพธรรมชาติ นอกจากนี้ยังสามารถสกัดองค์ประกอบจากน้ำมันปาล์ม ได้แก่ กรดไขมันหลายชนิด วิตามินอี และวิตามินเอ ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์และใช้เป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง อุตสาหกรรม Oleochemical และพลังงานทดแทน

ผลปาล์มน้ำมันมีส่วนประกอบของน้ำมันอยู่ร้อยละ 56 และมีสีเหลืองส้มจากคาโรทีน (carotene) ผลปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตน้ำมัน 2 ชนิด ได้แก่ น้ำมันจากเนื้อปาล์ม (palm oil) ได้จากเปลือกหุ้มภายนอกของปาล์มน้ำมัน (mesocarp) และน้ำมันจากเมล็ดปาล์ม (palm kernel oil) ได้จากเนื้อในของเมล็ดปาล์มน้ำมัน

น้ำมันปาล์มประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวและกรดไขมันที่อิ่มตัวในสัดส่วนที่สมดุล สำหรับกรดไขมันไม่อิ่มตัวนั้น ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวพันธะเดี่ยวโอเลอิก (mono-unsaturated oleic acid) ร้อยละ 40 ในส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวประกอบด้วยกรดปาล์มมิติก (palmitic acid) ร้อยละ 44 และกรดสเตียริก (stearic acid) ร้อยละ 5 ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ข้อเสียของน้ำมันปาล์ม คือ สลายตัว (hydrolyze) ได้ง่ายด้วยเอนไซม์ไลเปส (lipase) เมื่อเกิดการชำรุดหรือการกระแทกของปาล์มในระหว่างการเก็บเกี่ยวและการขนย้าย ทำให้มีปริมาณกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) เพิ่มสูงขึ้น และมีสีเหลืองส้มของคาโรทีนปะปน ทำให้น้ำมันปาล์มต้องกำจัดสีโดยขบวนการทำให้น้ำมันบริสุทธิ์

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันเมล็ดในปาล์ม [2]

กรดไขมัน		องค์ประกอบของกรดไขมัน (%)	
		น้ำมันปาล์มดิบ	น้ำมันในเมล็ดปาล์ม
กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid)	Caproic acid (C6:0)	-	0.1 – 0.5
	Caprylic acid (C8:0)	-	3.4 – 5.9
	Capric acid (C10:0)	-	3.3 – 4.4
	Lauric acid (C12:0)	0.1 – 0.4	46.3 – 51.1
	Myristic acid (C14:0)	1.0 – 1.4	14.3 – 16.8
	Palmitic acid (C16:0)	40.9 – 47.5	6.5 – 8.9
	Stearic acid (C18:0)	3.8 – 4.8	1.6 - 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันเมล็ดในปาล์ม (ต่อ)

กรดไขมัน		องค์ประกอบของกรดไขมัน (%)	
		น้ำมันปาล์มดิบ	น้ำมันในเมล็ดปาล์ม
กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid)	Arachidic acid (C20:0)	0 – 0.8	-
	Palmitoleic acid (C16:1)	0 – 0.6	-
กรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid)	Oleic acid (C18:1)	36.4 – 41.2	13.2 – 16.4
	Linoleic acid (C18:2)	9.2 – 11.6	2.2 – 3.4
	Linolenic acid (C18:3)	0 – 0.5	-

น้ำมันปาล์ม เป็นอาหารควบคุมเฉพาะ จากประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 56 (พ.ศ. 2524) เรื่อง น้ำมันปาล์ม ได้แบ่งประเภทของน้ำมันปาล์ม ดังนี้

- 1.) น้ำมันปาล์มจากเนื้อปาล์ม (palm oil)
- 2.) น้ำมันปาล์มโอลีอินจากเนื้อปาล์ม (palm olein)
- 3.) น้ำมันปาล์มสเตียรีนจากเนื้อปาล์ม (palm stearin)
- 4.) น้ำมันปาล์มจากเมล็ดปาล์ม (palm kernel oil)
- 5.) น้ำมันปาล์มโอลีอินจากเมล็ดปาล์ม (palm kernel olein)
- 6.) น้ำมันปาล์มสเตียรีนจากเมล็ดปาล์ม (palm kernel stearin)

การผลิตน้ำมันปาล์มตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 56 (พ.ศ.2524) เรื่อง น้ำมันปาล์ม สามารถทำได้ ดังนี้

- 1.) วิธีธรรมชาติ ทำโดยการบีบอัดหรือบีบอัดโดยใช้ความร้อนหรือวิธีธรรมชาติอื่นตามที่ได้รับความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา และนำมาทำให้สะอาด โดยการล้าง การตั้งไว้ให้ตกตะกอน การกรองหรือการหมุนเหวี่ยง
- 2.) วิธีผ่านกรรมวิธี ทำโดยนำน้ำมันปาล์มที่ได้จากวิธีธรรมชาติหรือที่ได้จากการสกัดด้วยสารละลายตามที่ได้รับความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา และนำมาผ่านกรรมวิธีทำให้บริสุทธิ์อีกครั้งหนึ่ง
- 3.) วิธีอื่นตามที่ได้รับความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา

2.1.1 มาตรฐานน้ำมันปาล์มจากเนื้อปาล์ม

น้ำมันปาล์ม น้ำมันปาล์มโอลีอินและน้ำมันปาล์มสเตียรีนจากเนื้อปาล์มที่ผลิตเพื่อจำหน่าย นำเข้าเพื่อจำหน่าย หรือที่จำหน่ายเพื่อใช้รับประทานหรือใช้ปรุงแต่งอาหารต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ค่าของกรด (acid value) ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (potassium hydroxide) ต่อน้ำมัน 1 กรัม สำหรับน้ำมันปาล์มที่ทำโดยวิธีธรรมชาติ และไม่เกิน 0.6 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ต่อน้ำมัน 1 กรัม สำหรับน้ำมันปาล์มที่ทำโดยวิธีผ่านกรรมวิธี

2) ค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value) ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมสมมูลย์เปอร์ออกไซด์ออกซิเจน ต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม

3) ส่วนประกอบของกรดไขมันเป็นร้อยละของกรดไขมันทั้งหมด โดยใช้วิธีก๊าซลิควิดโครมาโตกราฟี (gas liquid chromatography หรือ GLC) ดังนี้

กรดลอริก (lauric acid)	ไม่เกิน 1.2
กรดไมริสติก (myristic acid)	ระหว่าง 0.5 ถึง 5.9
กรดปาล์มมิติก (palmitic acid)	ระหว่าง 32 ถึง 59
กรดปาล์มมิโตลีนิก (palmitoleic acid)	ไม่เกิน 0.6
กรดสเตียริก (stearic acid)	ระหว่าง 1.5 ถึง 8.0
กรดโอลีนิก (oleic acid)	ระหว่าง 27 ถึง 52
กรดไลโนลีนิก (linoleic acid)	ระหว่าง 5 ถึง 14
กรดไลโนลินิก (linolenic acid)	ไม่เกิน 1.5
กรดอาราซิดิก (arachidic acid)	ไม่เกิน 1.0

4) ค่าสaponification value (saponification value) ระหว่าง 190 ถึง 209 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ต่อน้ำมัน 1 กรัม

5) ค่าไอโอดีนแบบวิจส์ (iodine value, Wijs) ดังนี้

5.1) ระหว่าง 50 – 56 สำหรับน้ำมันปาล์มจากเนื้อปาล์ม

5.2) ไม่น้อยกว่า 55 สำหรับน้ำมันปาล์มโอลีนิกจากเนื้อปาล์ม

5.3) ไม่เกิน 48 สำหรับน้ำมันปาล์มสเตียริกจากเนื้อปาล์ม

6) สารที่สaponification ไม่ได้ (unsaponifiable matter) ไม่เกินร้อยละ 1.2 ของน้ำหนัก

7) สิ่งที่ระเหยได้ (volatile matter) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนัก

8) ปริมาณสบู่ (soap content) ไม่เกินร้อยละ 0.005 ของน้ำหนัก

9) กลิ่นและรสตามลักษณะเฉพาะของน้ำมันปาล์มจากเนื้อปาล์ม

10) มีสิ่งอื่นที่ไม่ละลาย (insoluble impurities) ไม่เกินร้อยละ 0.05 ของน้ำหนัก

11) ปริมาณคาร์บอนทั้งหมด คำนวณเป็นเบตา-คาร์บอน ไม่น้อยกว่า 500 มิลลิกรัม ต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม และไม่เกิน 2000 มิลลิกรัม ต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม สำหรับน้ำมันปาล์มที่ทำโดยวิธีธรรมชาติ

12) ไม่มีกลิ่นหืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13) ไม่มีน้ำมันแร่

2.1.2 มาตรฐานน้ำมันปาล์มจากเมล็ดปาล์ม

น้ำมันปาล์ม น้ำมันปาล์มโอลีนและน้ำมันปาล์มสเตียรีนจากเมล็ดปาล์มที่ผลิตเพื่อจำหน่าย นำเข้าเพื่อจำหน่าย หรือที่จำหน่ายเพื่อใช้รับประทานหรือใช้ปรุงแต่งอาหารต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

1) ค่าของกรด (acid value) ไม่เกิน 0.6 มิลลิกรัมโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ ต่อน้ำมัน 1 กรัม สำหรับน้ำมันปาล์มที่ทำโดยวิธีผ่านกรรมวิธี

2) ค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value) ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมสมมูลย์เปอร์ออกไซด์ออกซิเจน ต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม

3) ส่วนประกอบของกรดไขมันเป็นร้อยละของกรดไขมันทั้งหมด โดยใช้วิธีก๊าซลิควิดโครมาโตกราฟี (gas liquid chromatography หรือ GLC) ดังนี้ เว้นแต่น้ำมันปาล์มโอลีนจากเมล็ดปาล์มและน้ำมันปาล์มสเตียรีนจากเมล็ดปาล์ม ให้มีได้ตามที่ได้รับความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา

กรดคาโปรอิก (caproic acid)	ไม่เกิน 0.5
กรดคาปริลิก (caprylic acid)	ระหว่าง 2.4 ถึง 6.2
กรดคาปริค (capric acid)	ระหว่าง 2.6 ถึง 7.0
กรดลอริก (lauric acid)	ระหว่าง 41 ถึง 55
กรดไมริสติก (myristic acid)	ระหว่าง 14 ถึง 20
กรดปาล์มมิติก (palmitic acid)	ระหว่าง 6.5 ถึง 11
กรดสเตียริก (stearic acid)	ระหว่าง 1.3 ถึง 3.5
กรดโอลีอิก (oleic acid)	ระหว่าง 10 ถึง 23
กรดไลโนลิก (linoleic acid)	ระหว่าง 0.7 ถึง 5.4

4) ค่าสaponification value (saponification value) ระหว่าง 230 ถึง 254 มิลลิกรัมโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ ต่อน้ำมัน 1 กรัม

5) ค่าไอโอดีนแบบวิจส์ (iodine value, Wijs) ระหว่าง 13 ถึง 23 เว้นแต่น้ำมันปาล์มโอลีนจากเมล็ดปาล์มและน้ำมันปาล์มสเตียรีนจากเมล็ดปาล์ม ให้มีได้ตามที่ได้รับความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา

6) สารที่สaponification ไม่ได้ (unsaponifiable matter) ไม่เกินร้อยละ 1 ของน้ำหนัก

7) สิ่งที่ระเหยได้ (volatile matter) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนัก

8) ปริมาณสบู่ (soap content) ไม่เกินร้อยละ 0.005 ของน้ำหนัก

9) กลิ่นและรสตามลักษณะเฉพาะของน้ำมันปาล์มจากเมล็ดปาล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 10) มีสิ่งอื่นที่ไม่ละลาย (insoluble impurities) ไม่เกินร้อยละ 0.05 ของน้ำหนัก
- 11) ไม่มีกลิ่นหืน
- 12) ไม่มีน้ำมันแร่

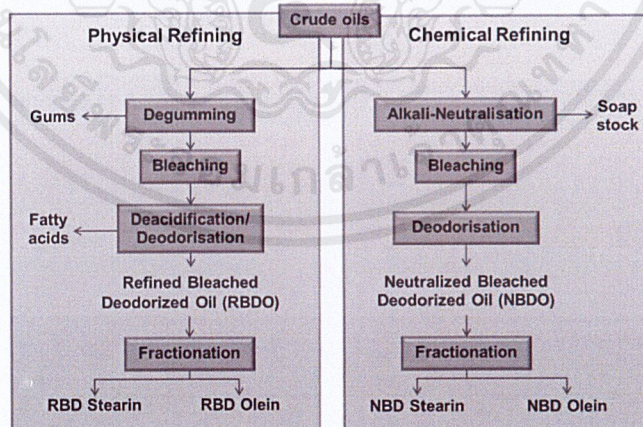
2.1.3 มาตรฐานวัตถุเจือปนและสารปนเปื้อน

น้ำมันปาล์มที่ใช้วัตถุเจือปนอาหาร (food additives) หรือที่มีสารปนเปื้อน (contaminants) ต้องใช้หรือมีได้ตามตารางที่ 2.2 และ 2.3 ตามลำดับเท่านั้น

2.2 กระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มบริโภค [3]

น้ำมันปาล์มดิบ (crude palm oil หรือ CPO) เป็นวัตถุดิบหลักที่ถูกใช้ในการกลั่นน้ำมันบริโภค ซึ่งได้จากการหีบผลปาล์ม ประกอบด้วยไตรกรีเซอไรด์ (triglycerides) ประมาณ 95% กรดไขมันอิสระ ประมาณ 3-5% และองค์ประกอบอื่นที่มีคุณค่าทางอาหาร เช่น โทโคฟีรอล (tocopherols) โทโคโทรอินอล (tocotrienols) และสเตอรอล (sterols) อีกทั้งสิ่งแปลกปลอมต่างๆ (impurities) อีกประมาณ 1%

การกลั่นน้ำมันปาล์มเป็นกระบวนการกำจัดสิ่งเจือปนและองค์ประกอบอื่นๆ ที่ไม่ต้องการออกจากน้ำมันดิบ เพื่อให้ได้คุณภาพ รสชาติ กลิ่น สี และอายุการเก็บรักษาตามที่ต้องการ กระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มแบ่งได้เป็น 2 วิธี ได้ วิธีทางกายภาพ (physical refining) และวิธีทางเคมี (chemical refining) ดังแสดงในรูปที่ 2.1 วิธีการทั้งสองนี้แตกต่างกันที่กระบวนการกำจัดกรดไขมันอิสระ โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 2.1 แผนภาพกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มโดยวิธีทางกายภาพและทางเคมี [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 บัญชีวัตถุเจือปนในอาหาร [1]

อันดับ	ประเภทวัตถุเจือปนในอาหาร	ชื่อวัตถุเจือปนในอาหาร	ปริมาณสูงสุดที่ ให้ใช้ได้เป็นร้อยละ ของน้ำหนัก	หมายเหตุ
1.	สี (colour) : ให้ใช้ได้เพื่อความ มุ่งหมายที่จะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์มี สีเหมือนธรรมชาติ	ก) เบตา-คาโรทีน (beta-carotene) ข) สีค้ำแสด (annatto) ค) เคอร์คิวมิน (curcumin) ง) แคนธาแซนธิน (canthaxanthine) จ) เบตา-อะโป-8'-คาโรทีนาล (beta-apo-8'-carotenal) ฉ) เมทิลและเอทิลเอสเทอร์ของกรดเบตา-อะโป-8'-คาโรทีนอิก แอซิด (methyl and ethyl ester of beta-apo-8'-carotenoic acid)	ไม่กำหนด ไม่กำหนด ไม่กำหนด ไม่กำหนด ไม่กำหนด ไม่กำหนด	
2.	กลิ่น (flavours) : ให้ใช้สาร แต่งกลิ่นสังเคราะห์ที่ไม่เป็น อันตรายต่อสุขภาพเพื่อแต่ง กลิ่นตามที่ต้องการ			
3	วัตถุกันหืน (antioxidants)	ก) โพรพิล ออกทิล และโดเดซิลแกลเลท (propyl, octyl and dodecyl gallates)	0.01	จะใช้ได้อย่างใดอย่างหนึ่งหรือ รวมกันได้ไม่เกินร้อยละ 0.0 ของน้ำหนัก

ตารางที่ 2.2 บัญชีวัตถุเจือปนในอาหาร (ต่อ)

อันดับ	ประเภทวัตถุเจือปนในอาหาร	ชื่อวัตถุเจือปนในอาหาร	ปริมาณสูงสุดที่ให้ ใช้ได้เป็นร้อยละของ น้ำหนัก	หมายเหตุ
		<p>ข) บิวทิลเตต ไฮดรอกซีโทลูอิน (butylated hydroxytoluene, BHT) บิวทิลเตต ไฮดรอกซีอะนิโซล (butylated hydroxyanisole, BHA) เทอร์โทอารี บิวทิล ไฮโดรควิโนน (tertiary butyl hydroquinone, TBHQ)</p> <p>ค) สารพวกแกลเลทรวมกับ BHA หรือ BHT หรือ TBHQ หรือรวมทั้ง สามอย่างใช้รวมกัน</p> <p>ง) แอสคอร์บิลพัลมิเตท (ascorbyl palmitate)</p> <p>จ) แอสคอร์บิลสเตียเรท (ascorbyl stearate)</p> <p>ฉ) โทโคเฟอร์ออลสังเคราะห์และชนิดสังเคราะห์ (natural and synthetic tocopherols)</p> <p>ช) ไดลอริล ไฮโดรโทไพโอเนท (dilauryl thiodipropionate)</p>	<p>0.02</p> <p>0.02</p> <p>0.05</p> <p>0.05</p> <p>ไม่กำหนด</p> <p>0.02</p>	<p>จะใช้อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือรวมกันได้ไม่เกินร้อยละ 0.02 ของน้ำหนัก</p> <p>แต่จะใช้แกลเลทได้ไม่เกิน ร้อยละ 0.01 ของน้ำหนัก</p> <p>วัดกันหินตาม (ง) และ (จ) จะใช้อย่างใดอย่าง หนึ่งหรือรวมกันได้ไม่เกิน ร้อยละ 0.05 ของน้ำหนัก</p>
4.	สารเสริมฤทธิ์วัตถุกันเสีย (antioxidant synergists)	<p>ก) กรดซิตริกและโซเดียมซิเตรท (citric acid and sodium citrate)</p> <p>ข) ไอโซพรพิลซิเตรท (isopropyl citrate)</p>	<p>0.01</p> <p>0.01</p>	

ตารางที่ 2.2 บัญชีวัตถุเจือปนในอาหาร (ต่อ)

อันดับ	ประเภทวัตถุเจือปนในอาหาร	ชื่อวัตถุเจือปนในอาหาร	ปริมาณสูงสุดที่ใช้ได้เป็นร้อยละของน้ำหนัก	หมายเหตุ
		ค) กรดฟอสฟอริก (phosphoric acid) ง) โมโนกลีเซอไรด์ซิเตรท (monoglyceride citrate)	0.01 0.01	สารเสริมฤทธิ์วัตถุกันเสีย (ข) (ค) และ (ง) จะใช้อย่างใดอย่างหนึ่งหรือใช้รวมกันได้ไม่เกินร้อยละ 0.01 ของน้ำหนัก
5.	วัตถุกันฟอง (antifoaming agents)	ไดเมทิลโพลีซิลอกเซน (dimethyl polysiloxane) อย่างเดียวหรือผสมกับซิลิคอนไดออกไซด์ (silicom dioxide)	0.001	

ตารางที่ 2.3 บัญชีสารปนเปื้อน [1]

อันดับ	สารปนเปื้อน	ปริมาณสูงสุดที่ใหม่ได้เป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
1.	ปริมาณเหล็ก : ในน้ำมันปาล์มธรรมชาติ	5.0
2.	ปริมาณทองแดง : ในน้ำมันปาล์มผ่านกรรมวิธี	0.4
3.	ปริมาณตะกั่ว	0.1
4.	ปริมาณสารหนู	0.1

2.2.1 การกลั่นด้วยวิธีทางกายภาพ (Physical Refining)

การกลั่นด้วยวิธีกายภาพเริ่มใช้ในประเทศมาเลเซียตั้งแต่ พ.ศ. 2513 และใช้อย่างแพร่หลายที่สุดในปัจจุบัน วิธีนี้ใช้ไอน้ำที่อุณหภูมิสูงภายใต้สภาวะสุญญากาศเพื่อกำจัดกรดไขมันอิสระ ประกอบด้วย 3 กระบวนการ ได้แก่

2.2.1.1 กระบวนการกำจัดยาง (Degumming)

เป็นกระบวนการที่ใช้ในการกำจัดยางเหนียวหรือฟอสโฟลิพิด (phospholipids) ซึ่งเป็นประกอบอินทรีย์ของฟอสฟอรัส (phosphorus) ในน้ำมัน กระบวนการกำจัดยางมี 6 วิธี ดังนี้ แบบแห้ง (dry degumming) แบบเปียก (water degumming) แบบกรด (acid degumming) แบบใช้เอนไซม์ (enzymatic degumming) แบบ EDTA (EDTA-degumming) และแบบการใช้เมมเบรน (membrane degumming) โดยในการเลือกใช้แต่ละวิธีนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของฟอสโฟลิพิดที่มีอยู่ในน้ำมันพีชนั้นๆ

น้ำมันปาล์มมีฟอสโฟลิพิดในปริมาณน้อย จึงใช้วิธีแบบแห้งในการกำจัดยาง โดยใช้กรดฟอสฟอริก (phosphoric acid) หรือกรดซิตริก (citric acid) เข้มข้น 80-85% ใส่ในน้ำมันปาล์มประมาณ 0.05-0.2% ของปริมาณน้ำมันดิบ ที่อุณหภูมิ 95-100 องศาเซลเซียส นาน 15-30 นาที เพื่อให้ยางเหนียวเกิดการตกตะกอนแล้วทำการกรองออก โดยไม่จำเป็นต้องใช้การแยกแบบหมุนเหวี่ยง (centrifugal Separation) ก่อนเข้าสู่กระบวนการฟอกสีต่อไป

2.2.1.2 กระบวนการฟอกสี (Bleaching)

เป็นกระบวนการที่ใช้ในการฟอกสีของน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้สารดูดซับ ได้แก่ ดินฟอกสี (acid activated bleaching earth หรือ bleaching clay) ดินฟอกสีธรรมชาติ (natural bleaching earth) ถ่านกัมมันต์ (activated carbon) ซิลิเกตสังเคราะห์ (synthetic silicates) และเรซินสังเคราะห์ (synthetic resins) ดูดซับสารที่ทำให้เกิดสีภายในน้ำมัน

การฟอกสีของน้ำมันปาล์มดิบนิยมใช้ดินฟอกสี แสดงในรูปที่ 2.2 สารนี้มีองค์ประกอบเป็นไฮเดรตอะลูมิเนียมซิลิเกต (hydrated aluminum-silicates) มีสมบัติในการดูดซับที่ดี สามารถดูดซับสารคลอโรฟิลล์และสารมีสีอื่นๆ รวมถึงฟอสโฟลิพิดและกรดไขมันอิสระที่อาจเกิดระหว่างกระบวนการฟอกสีออกได้ กระบวนการคือ เติมดินฟอกสีลงไปในน้ำมันปาล์มดิบประมาณ 0.8-2.0% ของปริมาณน้ำมันปาล์มดิบ (ขึ้นอยู่กับคุณภาพของดินฟอกสี) และกวนผสมเป็นเวลา 30-45 นาที จากนั้นจึงนำน้ำมันที่ได้ผ่านเข้าสู่ลิฟต์เตอร์ (leaf filter) ก่อนเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป

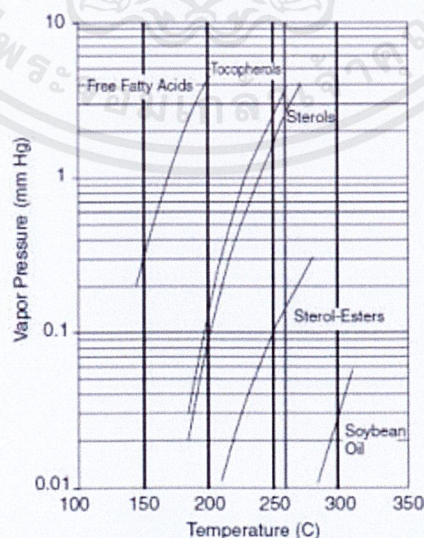


รูปที่ 2.2 ดินฟอกสี [3]

2.2.1.3 กระบวนการกำจัดกลิ่น (Deodorization)

เป็นกระบวนการสำคัญในการกำจัดกรดไขมันอิสระ สารระเหยอื่นๆ ที่เป็นสิ่งเจือปนที่มีจุดเดือดต่ำกว่าไตรกลีเซอไรด์ที่ทำให้เกิดกลิ่น รวมถึงสีของน้ำมันบางส่วนที่กำจัดไม่ได้ในกระบวนการก่อนหน้า วิธีการคือ กลั่นด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิสูงภายใต้ภาวะสุญญากาศ โดยมีอุณหภูมิเป็นตัวแปรสำคัญในการกลั่น ผลของอุณหภูมิกับความดันไอขององค์ประกอบบางชนิดในน้ำมัน แสดงได้ดังรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 แสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 270 องศาเซลเซียสน้ำมันจะระเหยออกไป ดังนั้น ช่วงอุณหภูมิของการกลั่นที่เหมาะสม คือ 240-270 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลา 1-2 ชั่วโมงและความดันไม่เกิน 10 มิลลิเมตรปรอทก็จะได้น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (refined bleached and deodorized palm oil, RBDPO) เป็นผลิตภัณฑ์หลัก และกรดไขมันอิสระที่ออกมาในรูปแบบของกรดไขมันปาล์ม (palm fatty acid distillate, PFAD) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้ (by-product)



รูปที่ 2.3 แผนภาพแสดงอุณหภูมิกับความดันไอขององค์ประกอบบางชนิดในน้ำมัน [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การกลั่นด้วยวิธีทางเคมี (Chemical Refining)

การกลั่นน้ำมันปาล์มด้วยวิธีทางเคมี อาศัยการใช้สารเคมีในการกำจัดกรดไขมันอิสระ ซึ่งวิธีนี้ถูกนำมาใช้ก่อนการกลั่นด้วยวิธีกายภาพ ประกอบด้วย 3 กระบวนการ ได้แก่

2.2.2.1 กระบวนการกำจัดยางเหนียวและทำให้เป็นกลาง (Degumming and Neutralization)

กระบวนการกำจัดยางจะมีการเติมกรดฟอสฟอริกหรือซिटริกเช่นเดียวกับการกลั่นด้วยวิธีกายภาพ หลังจากกระบวนการกำจัดยางจะมีการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) หรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) เพื่อทำปฏิกิริยาสaponification กับกรดไขมันอิสระเกิดเป็นสบู่ (soap) และถูกแยกออกด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงก่อนเข้าสู่กระบวนการถัดไป

2.2.2.2 กระบวนการฟอกสี

น้ำมันปาล์มที่ผ่านการแยกเอาสบู่ ออก จะผ่านกระบวนการฟอกสีโดยเติมดินฟอกสีลงในน้ำมันที่อุณหภูมิประมาณ 90 องศาเซลเซียสเช่นเดียวกับการกลั่นด้วยวิธีกายภาพ

2.2.2.3 กระบวนการกำจัดกลิ่น

น้ำมันที่ผ่านกระบวนการฟอกสีจะเข้าสู่กระบวนการกำจัดกลิ่น เพื่อกำจัดกลิ่นและสารเจือปนอื่นๆ โดยการกลั่นที่อุณหภูมิสูงประมาณ 200 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะสุญญากาศ แล้วจึงผ่านเข้าสู่เครื่องกรอง เพื่อได้มาซึ่งน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (neutralized bleached and deodorized palm oil, NBDPO)

เมื่อนำวิธีการกลั่นน้ำมันปาล์มทั้งสองวิธีมาเปรียบเทียบกันจะเห็นได้ว่าแต่ละวิธีมีจุดเด่นและจุดด้อย ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 จุดเด่นและจุดด้อยของกระบวนการกลั่นด้วยวิธีทางกายภาพและเคมี [3]

กระบวนการ	จุดเด่น	จุดด้อย
การกลั่นด้วยวิธีทางกายภาพ	<ol style="list-style-type: none"> 1. ผลผลิตสูง 2. ผลิตภัณฑ์พลอยได้ที่เกิดขึ้นสามารถสร้างมูลค่าได้ เช่น กรดไขมันปาล์ม ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตสบู่ ไบโอดีเซล และจารบี เป็นต้น 3. น้ำมันปาล์มที่ได้มีความคงตัวเมื่อนำมาใช้ที่ อุณหภูมิสูงและมีความต้านทานการเกิดออกซิเดชันกับความชื้นในอากาศ ทำให้เหม็นหืนช้า 4. ขั้นตอนในกระบวนการน้อยกว่าวิธีทางเคมี 5. ค่าใช้จ่ายในระหว่างการผลิตน้อยกว่าวิธีทางเคมี 	<ol style="list-style-type: none"> 1. เกิดน้ำเสียจากกระบวนการ แต่กำจัดได้โดยใช้ระบบบำบัดและระบบสครับบิง (chemical scrubbing process) หรือกระบวนการเผาไหม้โดยตรง 2. ต้นทุนเครื่องจักรสูงกว่าวิธีทางเคมี เช่น ระบบกำจัดกลิ่นที่ต้องใช้วัสดุที่ทนต่ออุณหภูมิสูงกว่า ทำให้มีราคาสูงกว่า
การกลั่นด้วยวิธีทางเคมี	<ol style="list-style-type: none"> 1. อุณหภูมิที่ใช้ต่ำกว่าวิธีทางกายภาพ 2. เมื่อน้ำมันปาล์มที่เป็นวัตถุดิบตั้งต้นมีองค์ประกอบของกรดไขมันอิสระไม่คงที่ ระบบนี้สามารถปรับสภาวะของแต่ละขั้นตอนได้ง่าย เพียงแค่เพิ่มหรือลดปริมาณการใช้สารเคมี 3. เหมาะกับน้ำมันที่มีฟอสโฟลิพิดสูง 	<ol style="list-style-type: none"> 1. สูญเสียน้ำมันปาล์มในขั้นตอนที่เกิดสบู่ 2. ใช้สารเคมีและมีน้ำเสียเกิดขึ้นในกระบวนการ และสามารถกำจัดได้เช่นเดียวกับวิธีทางกายภาพ

2.2.3 กระบวนการแยกส่วน (Fractionation)

เป็นกระบวนการทางกายภาพที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำมัน ปรับปรุงไขมันและน้ำมันให้เหมาะสมแก่การบริโภคหลังผ่านการกำจัดยาง ฟอกสี และกำจัดกลิ่น เนื่องจากไขมันและน้ำมันเป็นส่วนผสมของไตรกลีเซอไรด์หลายชนิด ซึ่งไตรกลีเซอไรด์แต่ละชนิดจะมีจุดหลอมเหลว (melting point) ที่แตกต่างกัน จึงทำให้ไขมันและน้ำมันมีจุดหลอมเหลวเป็นช่วง ด้วยเหตุผลนี้วิธีแยกส่วนจะใช้สมบัติของจุดหลอมเหลวในการแยกน้ำมันและไขมันที่มีจุดหลอมเหลวต่างกัน ได้แก่ น้ำมันโอลีน (olein) และไขมันสเตียรีน (stearin) ปัจจุบันมี 3 วิธี คือ กระบวนการแยกส่วนแบบแห้ง (dry fractionation) กระบวนการแยกส่วนแบบลันซา (lanza fractionation) และกระบวนการแยกส่วนแบบเปียก (wet fractionation) โดยมีรายละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.1 กระบวนการแยกส่วนแบบแห้ง

เป็นวิธีการแยกส่วนโดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 75-90 องศาเซลเซียสแก่น้ำมันที่กลั่นได้ เพื่อให้ไขมันปาล์มละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ก่อนจะถูกนำไปใส่ในถังตกผลึก (crystallizer) เพื่อให้ไขมันที่อุณหภูมิประมาณ 25-30 องศาเซลเซียส น้ำมันปาล์มจะตกผลึกไขมันสเตียรอยด์อย่างช้าๆ และนำไปผ่านเครื่องกรองอัดตะกอน (filter press) สุดท้ายจะได้น้ำมันโอลีน (จุดขุ่น 8 องศาเซลเซียส) ประมาณ 60% และไขมันสเตียรอยด์ประมาณ 40% โดยน้ำหนัก

2.2.3.2 กระบวนการแยกส่วนแบบลันซา

กระบวนการนี้ค้นพบโดย Fractelli Lanza เป็นการแยกส่วนโดยการเติมสารซักฟอก (detergent) ได้แก่ โซเดียมลอริลซัลเฟต (sodium lauryl sulphate) ลงไปเพื่อทำให้น้ำมันพืชแยกส่วนระหว่างชั้นน้ำและน้ำมัน ส่วนที่ชอบน้ำจะแยกออกน้ำมันจะรวมตัวกัน วิธีนี้สามารถแยกโอลีนและสเตียรอยด์ได้ง่ายและใช้เวลาน้อยกว่าวิธีแยกส่วนแบบแห้ง

2.2.3.3 กระบวนการแยกส่วนแบบเปียก

กระบวนการแยกส่วนแบบเปียกเป็นวิธีที่ใช้ตัวทำละลาย เช่น เฮกเซน อะซีโตน และ 2-ไนโตรโพรเพนผสมกับน้ำมันปาล์มแล้วผ่านเข้าสู่เครื่องเกิดผลึกเพื่อทำการตกผลึกโดยการทำให้น้ำมันที่อุณหภูมิที่เกิดการแยกส่วนกัน ผลึกที่เกิดขึ้นจะนำเข้าสู่เครื่องกรอง แล้วจึงระเหยตัวทำละลายออกไปจะได้สเตียรอยด์ ส่วนโอลีนและตัวทำละลายจะเข้าสู่เครื่องตกผลึกอีกครั้งหนึ่งเพื่อทำการแยกโอลีน

เมื่อผ่านกระบวนการแยกส่วนแล้ว น้ำมันปาล์มโอลีนที่ได้จะถูกบรรจุลงขวดหรือบรรจุภัณฑ์อื่นๆ สำหรับนำไปใช้บริโภคต่อไป

2.3 ระบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศ (Vacuum Steam Ejector) [4]

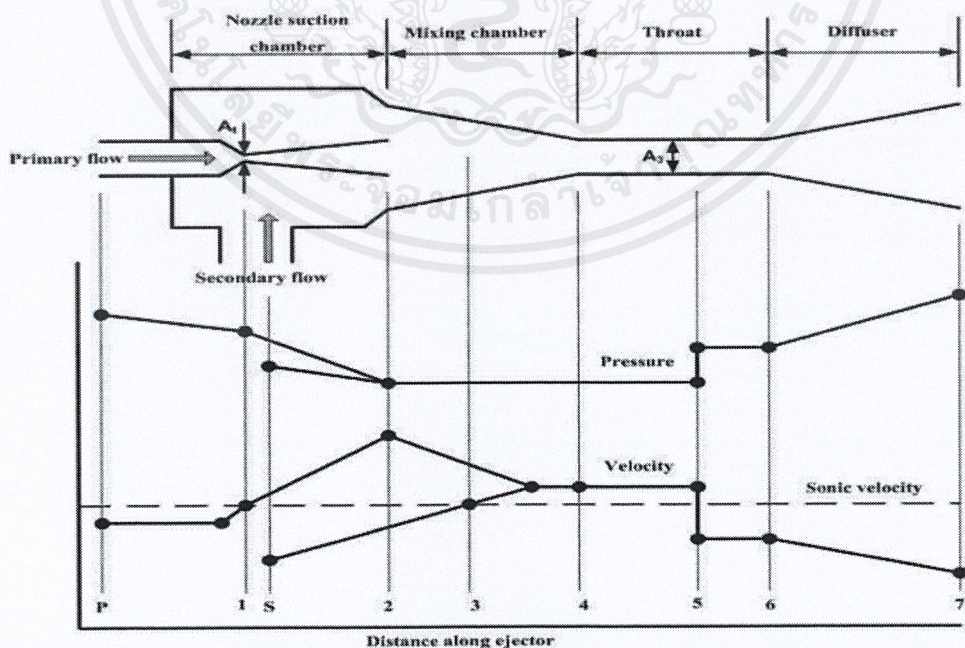
หัวฉีด (ejector) คือ อุปกรณ์ที่อาศัยหลักการเคลื่อนที่ของของไหลผ่านคอคอด (nozzle) ซึ่งเปลี่ยนความดันของของไหลที่ผ่านคอคอดให้เป็นความเร็ว เพื่อเหนี่ยวนำของไหลอีกชนิดหนึ่ง กล่าวคือ เมื่อของไหลปฐมภูมิ (primary fluid) ที่มีอุณหภูมิและความดันสูงพุ่งผ่านคอคอดที่อยู่ภายในหัวฉีด ทำให้ความเร็วของของไหลสูงขึ้น และเกิดการเหนี่ยวนำของไหลทุติยภูมิ (secondary fluid) เข้ามาผสมกันในหัวฉีด และไหลออกจากหัวฉีดผ่านปากทางออกของหัวฉีด เป็นอันสิ้นสุดการทำงานของหัวฉีด ข้อดีของหัวฉีดเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เครื่องอัดไอหรือเครื่องทำสุญญากาศแบบอื่นๆ คือ หัวฉีดไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหว ดังนั้นการสึกหรอจึงแทบไม่เกิดขึ้น ซึ่งทำให้การบำรุงรักษาน้อยมาก ข้อเสีย คือ ทำสุญญากาศได้ไม่ต่ำมาก ถ้าต้องการสุญญากาศที่มากขึ้น จะต้องนำหัวฉีดมากกว่า 1 ตัวต่ออนุกรมกัน

จากหลักการของหัวฉีด ถ้าของไหลทุติยภูมิของหัวฉีด คือ ก๊าซภายในหอกำจัดกลิ่น ก๊าซภายในหอ กลั่นจะถูกเหนี่ยวนำออกจากหอกำจัดกลิ่นเข้าไปยังหัวฉีดด้วยของไหลปฐมภูมิ และทำให้หอกำจัด

กลั่นเกิดสภาวะสูญญากาศ ซึ่งของไหลปฐมภูมิที่ใช้ภายในหัวฉีด คือ ใช้น้ำตัวพา ระบบนี้จึงเรียกว่า ระบบหัวฉีดไอน้ำสูญญากาศ

2.3.1 คุณลักษณะการไหลภายในหัวฉีดไอน้ำสูญญากาศ [5]

รูปที่ 2.4 แสดงคุณลักษณะการไหลภายในหัวฉีดไอน้ำสูญญากาศ เมื่อใช้น้ำตัวพาที่มี อุณหภูมิและความดันสูง ในตำแหน่ง P ได้ขยายตัวและพุ่งผ่านคอขวดตำแหน่งที่ 1 ความดันสถิต (static pressure) ของไอน้ำตัวพาจะแปรเปลี่ยนเป็นความดันพลวัต (dynamic pressure) กล่าวคือ ความดันของไอน้ำตัวพาจะลดต่ำลง แต่ความเร็วจะเพิ่มขึ้นจนมีความเร็วเท่ากับความเร็วเสียง (sonic velocity) ที่ตำแหน่งที่ 1 และความเร็วจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนมีความเร็วสูงสุดที่ตำแหน่งที่ 2 ซึ่งมีความเร็วอยู่ในช่วงความเร็วเหนือเสียง (supersonic velocity) ที่ตำแหน่งที่ 2 ความดันของไอน้ำตัว พาลดลงจนมีค่าต่ำกว่าความดันของก๊าซภายในหอกำจัดกลิ่น จึงเกิดการเหนี่ยวนำของไหลในตำแหน่ง S เข้ามายังหัวฉีดไอน้ำสูญญากาศ แต่ของไหลทั้งสองจะไม่ผสมกันในทันที ของไหลทั้งสองจะเริ่มผสม กันเมื่อความเร็วของก๊าซจากหอ กลั่นมีความเร็วเท่ากับความเร็วเสียง (ตำแหน่งที่ 3) และจะผสมกัน สมบูรณ์บริเวณปากทางช่วงคอขวดของหัวฉีดไอน้ำสูญญากาศ (ตำแหน่งที่ 4) ในระหว่างที่เกิดการ เหนี่ยวนำและผสมกันของไอน้ำตัวพาและก๊าซจากหอกำจัดกลิ่น ความดันภายในหัวฉีดไอน้ำ สูญญากาศจะมีค่าคงที่และจากอิทธิพลของความดันด้านปากทางออกของหัวฉีดไอน้ำสูญญากาศจึงทำ ให้เกิดปรากฏการณ์คลื่นกระแทก (shock) ในตำแหน่งที่ 5 ซึ่งทำให้เกิดการอัดตัวของของไหลผสม ส่งผลให้ความดันของของไหลผสมเพิ่มขึ้นและความเร็วลดลงจนมีค่าต่ำกว่าความเร็วเสียง (subsonic velocity) อย่างรวดเร็ว เนื่องจากความดันทางปากทางออกของหัวฉีดไอน้ำสูญญากาศมีค่าสูง จึงทำ



รูปที่ 2.4 คุณลักษณะการไหลภายในท่อ [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ความดันของของไหลผสมภายในหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศในช่วงลู่ออกของหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศมีค่าสูงขึ้นเรื่อยๆ จนถึงปากทางออกของหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศ (ตำแหน่งที่ 6-7)

2.3.2 สมรรถนะของหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศ [5]

ค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญที่เป็นตัวชี้วัดค่าสมรรถนะของหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศ คือ อัตราส่วนการเหนียวน้ำ (entrainment ratio, R_m) และอัตราส่วนความดันยก (pressure lift ration, PLR) อัตราส่วนการเหนียวน้ำ (R_m) คือ อัตราส่วนระหว่างอัตราไหลเชิงมวลของของไหลทุติยภูมิต่ออัตราการไหลเชิงมวลของของไหลปฐมภูมิ ดังแสดงในสมการที่ 1

$$R_m = \frac{\dot{m}_s}{\dot{m}_p} \quad (1)$$

โดยที่ \dot{m}_s คือ อัตราการไหลเชิงมวลของของไหลทุติยภูมิ

\dot{m}_p คือ อัตราการไหลเชิงมวลของของไหลปฐมภูมิ

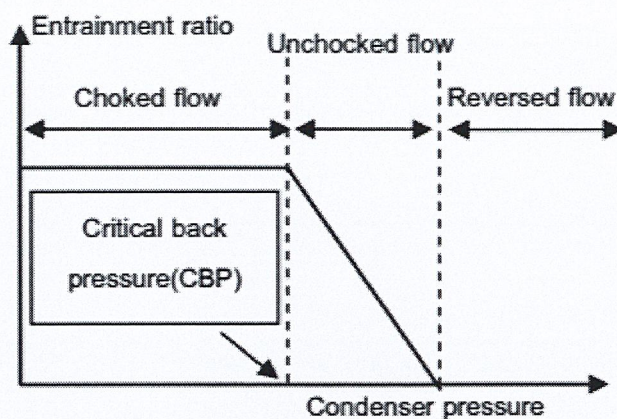
อัตราส่วนความดันยก (PLR) คือ อัตราส่วนระหว่างความดันสถิตบริเวณทางออกของหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศต่อความดันสถิตของสารทุติยภูมิ ดังแสดงในสมการที่ 2

$$PLR = \frac{P_{exit}}{P_s} \quad (2)$$

โดยที่ P_{exit} คือ ความดันสถิตบริเวณทางออกของหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศ

P_s คือ ความดันสถิตของสารทุติยภูมิ

รูปที่ 2.5 แสดงแผนภาพสมรรถนะการทำงานของหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนการเหนียวน้ำและค่าความดันปากทางออกของหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศ จากรูปจะสามารถแบ่งช่วงการทำงานของหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศ ออกเป็น 3 ช่วง ตามลักษณะการไหลภายในหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศ ได้แก่ choked flow, unchoked flow และ reversed flow ซึ่งถูกแบ่งโดยค่าความดันวิกฤต (critical back pressure) และค่าความดันย้อนกลับ (break down pressure) ในช่วง choked flow คือ การไหลภายใต้ความดันปากทางออกของหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศที่ต่ำกว่าความดันวิกฤต หัวฉีดไอน้ำสุญญากาศจะเหนียวน้ำของไหลทุติยภูมิในอัตราส่วนคงที่ ซึ่งเป็น



รูปที่ 2.5 แผนภาพสมรรถนะการทำงานของหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศ [5]

สาเหตุให้อัตราส่วนการเหนียวมาคงที่ ในช่วง unchoked flow คือ การไหลในช่วงความดันปากทางออกหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศ มีค่าระหว่างค่าความดันวิกฤตและค่าความดันย้อนกลับ หัวฉีดไอน้ำสุญญากาศจะเหนียวมาของไหลทุติยภูมิได้น้อยลง เป็นสาเหตุให้อัตราส่วนการเหนียวมาลดลงอย่างรวดเร็ว ในช่วง reversed flow คือ การไหลในช่วงที่ค่าความดันปากทางออกของหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศมีค่าสูงกว่าค่าความดันย้อนกลับ การไหลจะไหลย้อนกลับเข้าไปยังปากทางเข้าของของไหลทุติยภูมิ หัวฉีดไอน้ำสุญญากาศจึงไม่สามารถทำงานต่อได้

2.3.3 ระบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศภายในแผนกกลั่น

ระบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศภายในแผนกกลั่น เป็นระบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศแบบหลายชั้น ดังรูปที่ 2.6 ทำหน้าที่ในการสร้างสุญญากาศให้กับหอกลั่นเพื่อให้ได้สภาวะในการกลั่นแยกกรดไขมันอิสระที่เหมาะสมที่สุด

ในการทำงานของระบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศแบบหลายชั้นภายในแผนกกลั่นแสดงดังรูปที่ 2.6 ไอน้ำตัวพา (หมายเลข 1) ถูกป้อนเข้าสู่หัวฉีดไอน้ำสุญญากาศชั้นที่ 1 (หมายเลข 3) จากทฤษฎีของไหลผสม (หมายเลข 2) ซึ่งประกอบด้วย อากาศ ไอน้ำ และไอกรดไขมันอิสระ ถูกดูดจากหอกลั่นเข้าสู่หัวฉีดไอน้ำสุญญากาศชั้นที่ 1 ของไหลผสมและไอน้ำตัวพาเกิดการผสมกันก่อนไหลเข้าสู่เครื่องควบแน่นตัวที่ 1 (หมายเลข 4) ไอน้ำและไอกรดไขมันอิสระบางส่วนจะถูกควบแน่นด้วยน้ำหล่อเย็นที่ถูกฉีดเข้าสู่ด้านบนของเครื่องควบแน่นลงสู่ถังบรรจุของเหลวที่ความดันบรรยากาศหรือ barometric tank (หมายเลข 8) ไอที่ไม่ถูกควบแน่นจากเครื่องควบแน่นตัวที่ 1 จะถูกดูดเข้าสู่หัวฉีดไอน้ำสุญญากาศชั้นที่ 2 (หมายเลข 5) โดยใช้ไอน้ำตัวพา ไอที่ไม่ถูกควบแน่นจะถูกส่งผ่านไปยังเครื่องควบแน่นตัวที่ 2 (หมายเลข 6) เพื่อทำการควบแน่นไอน้ำและไอกรดไขมันอิสระที่ยังเหลืออยู่ด้วยน้ำหล่อเย็น ลงสู่ถังบรรจุของเหลวที่ความดันบรรยากาศ ในส่วนของอากาศที่ไม่ถูกควบแน่น จะถูกดูดเข้าสู่หัวฉีดไอน้ำสุญญากาศชั้นสุดท้าย (หมายเลข 7) โดยใช้ไอน้ำตัวพา อากาศจะถูกส่งเข้าถังบรรจุของเหลวที่ความดันบรรยากาศ ซึ่งถังบรรจุของเหลวที่ความดันบรรยากาศ จะมีท่อระบายอากาศสู่

ประสิทธิภาพของหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศตัวถัดไปนั้นจะขึ้นอยู่กับเครื่องควบแน่น เครื่องควบแน่นแบบระหว่างและหลังของระบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศถูกออกแบบเพื่อควบแน่นไอน้ำ สารประกอบอินทรีย์ที่ควบแน่นได้และไอที่ไม่สามารถควบแน่นได้ การควบแน่นจะเกิดขึ้นที่ความดันที่สอดคล้องกับความดันขาออกของหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศตัวก่อนหน้าและความดันขาเข้าของหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศตัวถัดไป เครื่องควบแน่นแบบระหว่างจะมีตำแหน่งอยู่ระหว่างหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศชั้นแรกและชั้นที่สอง และต้องทำงานอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างราบรื่น

2.3.5 ไอน้ำตัวพา [4]

เงื่อนไขการใช้ไอน้ำตัวพาเป็นตัวแปรที่สำคัญอย่างหนึ่งในการใช้งานระบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศ ถ้าไอน้ำตัวพามีความดันน้อยกว่าค่าความดันที่ออกแบบ เมื่อนั้นไอที่ผ่านคอคอดจะมีปริมาณน้อยลง ถ้าสิ่งนี้เกิดขึ้น หัวฉีดไอน้ำสุญญากาศจะไม่ได้รับพลังงานที่เพียงพอที่จะอัดไอจากการดูดให้ได้ตามค่าความดันขาออกที่ออกแบบ ในทางเดียวกัน ถ้าอุณหภูมิของไอน้ำตัวพามีค่าสูงกว่าค่าการออกแบบ ปริมาณไอน้ำที่ผ่านคอคอดก็จะไม่สัมพันธ์กัน ทั้งค่าความดันไอน้ำตัวพาที่น้อยกว่าค่าการออกแบบและอุณหภูมิของไอน้ำตัวพาที่สูงกว่าค่าการออกแบบ ส่งผลให้ความจุจำเพาะของไอน้ำตัวพาเพิ่มขึ้นและปริมาณไอน้ำที่ผ่านคอคอดมีปริมาณน้อยลง ปริมาณไอน้ำตัวพาที่ผ่านคอคอดที่น้อยลงจะส่งผลให้ได้พลังงานที่น้อยลงในการนำไปใช้ในงานที่จำเป็น

หัวฉีดไอน้ำสุญญากาศจะมีเสถียรภาพการทำงานที่ไม่ดีถ้าไม่ได้รับพลังงานที่เพียงพอในการพาและอัดไอที่ได้จากการดูด เพื่อให้ได้ค่าความดันขาออกตามที่ออกแบบ ในบางกรณี มีความเป็นไปได้ที่จะใช้คอคอดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากขึ้น ถ้าค่าความดันไอน้ำตัวพาที่น้อยกว่าค่าการออกแบบหรืออุณหภูมิของไอน้ำตัวพาที่สูงกว่าค่าการออกแบบ คอคอดที่ใหญ่ขึ้นส่งผลให้ปริมาณไอน้ำที่ผ่านมากขึ้น ทำให้มีพลังงานที่มากขึ้น เพียงพอที่จะพาและอัดไอที่ได้จากการดูด ถ้าความดันไอน้ำตัวพาสูงกว่าค่าการออกแบบมากกว่า 20% ไอน้ำจะมีการกระจายตัวมากขึ้นเมื่อผ่านคอคอด จะส่งผลต่อคลื่นกระแทกที่อยู่ภายในคอคอด เมื่อเกิดเหตุการณ์นี้ขึ้น ปริมาณไอที่ได้จากการดูดจะมีปริมาณน้อยลงและความดันสุญญากาศที่สร้างให้กับภาชนะจะมีค่าเพิ่มขึ้น ถ้าการเพิ่มขึ้นของความดันภายในภาชนะไม่เป็นที่ต้องการ ควรแทนที่ด้วยหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศตัวใหม่ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางของคอคอดน้อยลง

คุณภาพของไอน้ำเป็นอีกหนึ่งสิ่งที่มีความสำคัญ หัวฉีดไอน้ำสุญญากาศทั้งหมดถูกออกแบบมาเพื่อใช้งานกับไอน้ำแห้ง (dry steam) เนื่องจากไอน้ำเปียกจะสร้างความเสียหายให้กับระบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศ หยดน้ำที่เกิดขึ้นภายในท่อไอน้ำตัวพาจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อมีการเคลื่อนที่ผ่านคอคอด ความชื้นที่เกิดขึ้นจะมีความเร็วสูงและกัดกร่อนภายในหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศ

ปัญหา ผลกระทบ และแนวทางการแก้ไข แสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 การประเมินผลหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศ [4]

ปัญหา	ผลกระทบ	แนวทางการแก้ไข
1. ความดันไอน้ำตัวพาน้อยกว่าค่าการออกแบบ	1. ประสิทธิภาพของคอคอดในหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศลดลง	1. เพิ่มความดันไอน้ำตัวพาหรือทำการผลิตไอน้ำใหม่
2. ความดันไอน้ำตัวพาสสูงกว่าค่าการออกแบบ	2. สมรรถภาพของหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศลดลงและใช้ไอน้ำเกินความจำเป็น	2. ลดความดันไอน้ำตัวพาหรือแทนที่คอคอดด้วยคอคอดที่รองรับไอน้ำตัวพาความดันสูง
3. อุณหภูมิไอน้ำตัวพาสสูงกว่าค่าการออกแบบ	3. ประสิทธิภาพของคอคอดในหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศลดลง	3. เพิ่มความดันไอน้ำตัวพาหรือทำการผลิตไอน้ำใหม่
4. ความดันขาออกสูงกว่าค่าการออกแบบ	4. ประสิทธิภาพของหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศลดลง	4. สังเกตจากไอด้านขาออกสำหรับปัญหา ก) ปัญหาจากเครื่องควบแน่น ข) ปัญหาจากหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศตัวถัดไป ค) ปัญหาจากท่อด้านขาออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Navid Sharifi และ Majid Sharifi [6] ทำการศึกษาการสูญเสียพลังงานความร้อนในหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศ พบว่าพารามิเตอร์หลักของการสูญเสียพลังงานความร้อน คือ ความดันของไอน้ำตัวพา โดยมีการศึกษาเชิงตัวเลข เพื่อหาสาเหตุของอัตราการไหลของของไหลทุติยภูมิที่มีค่าต่ำ จากค่าการออกแบบ ไอน้ำตัวพาถูกใช้ที่ความดันน้อยกว่า 6 บาร์ แต่เนื่องจากความดันสุญญากาศที่ต้องการในขณะไม่สามารถทำได้ที่ความดันไอน้ำตัวพา 6 บาร์ ความดันไอน้ำตัวพาจึงถูกเพิ่มขึ้นเป็น 8 บาร์เพื่อคงความดันสุญญากาศให้ได้ตามที่ต้องการ การเพิ่มประสิทธิภาพที่ค่าใช้จ่ายไม่สูงและรวดเร็ว ถูกพิจารณาให้เปลี่ยนคอคอดหลัก โดยอาศัยแบบจำลองเชิงตัวเลข CFD (computational fluid dynamics)

Stephan Akterian [7] ทำการศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศแบบหลายชั้นสำหรับน้ำมันบริโกล จากการศึกษาพบว่า ปริมาณการใช้ไอน้ำตัวพาและน้ำหล่อเย็นจะลดลงเมื่อ 1. หัวฉีดไอน้ำสุญญากาศชั้นสุดท้ายถูกแทนที่ด้วยปั๊มสุญญากาศแบบวงแหวนน้ำอัดตัว (water-ring vacuum pump) 2. เมื่ออุณหภูมิน้ำหล่อเย็นมากกว่า 30 องศาเซลเซียส ควรใช้ระบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศแบบ 4 ชั้น 3. ชั้นแรกของระบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศไม่จำเป็นต้องมีเครื่องควบแน่น (condenser) เมื่ออุณหภูมิน้ำหล่อเย็นมากกว่า 30 องศาเซลเซียส 4. ค่าความดันขาออกของระบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศชั้นแรกและชั้นสองถูกปรับให้เหมาะสม เมื่อปริมาณการใช้ไอน้ำตัวพาและน้ำหล่อเย็นในทั้งสองชั้นนี้มีปริมาณลดลง

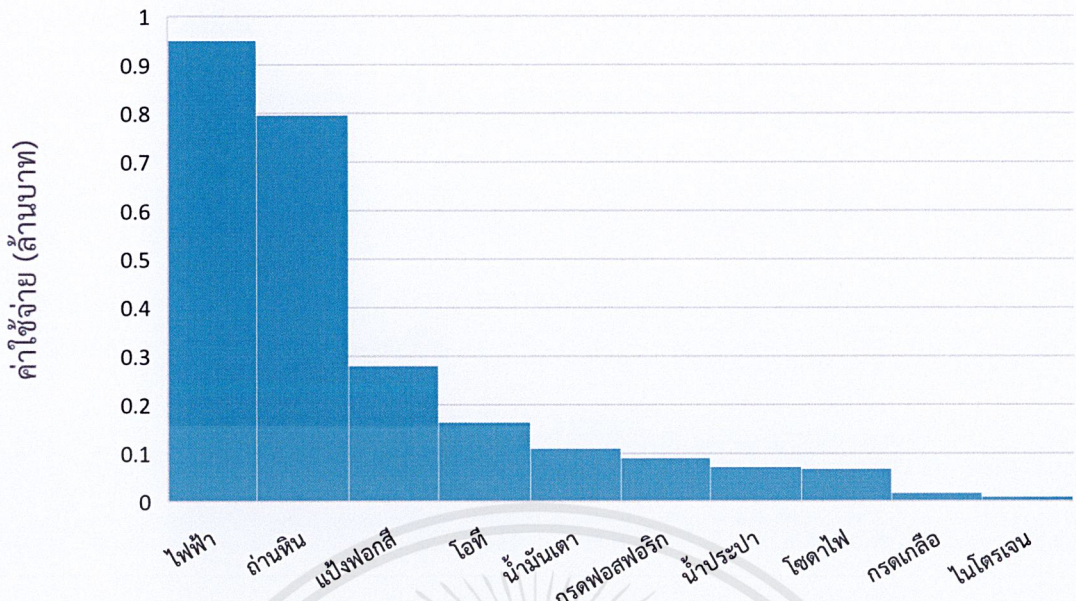
บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานและผลการดำเนินงาน

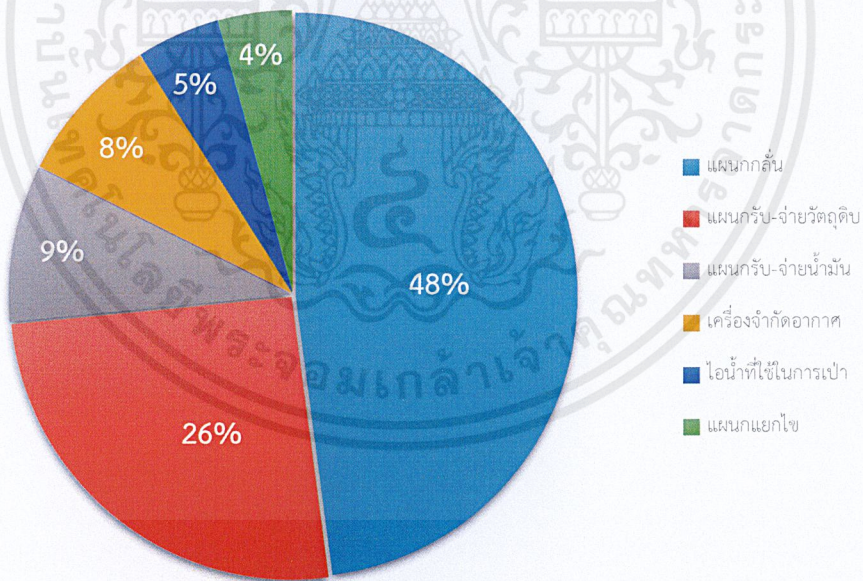
3.1 การศึกษาการใช้พลังงานในกระบวนการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม

ในกระบวนการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม มีการใช้พลังงานต่างๆ ในกระบวนการผลิตเพื่อผลิตน้ำมัน ปาล์มปิโตรเลียม ซึ่งมีกำลังการผลิตประมาณ 250 ตัน ต่อวัน โดยพลังงานที่ใช้ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ พลังงานไฟฟ้า และพลังงานถ่านหิน ตามลำดับ ดังรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 แสดงข้อมูลค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นภายในบริษัทระหว่างเดือนพฤษภาคม-กันยายน 2562 พบว่าค่าใช้จ่ายของพลังงานไฟฟ้าสูงเป็นอันดับหนึ่ง พลังงานถ่านหินสูงเป็นอันดับสอง และค่าใช้จ่าย อื่นๆ ตามลำดับ ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า จะเกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ทำความเย็น (chiller) ภายในแผนกกลั่นเป็นส่วนใหญ่ ในส่วนของค่าใช้จ่ายด้านพลังงานถ่านหิน จะถูกนำไปใช้ใน รูปของเชื้อเพลิงเพื่อให้ความร้อนแก่หม้อต้มไอน้ำ (boiler) ซึ่งมีหน้าที่ผลิตไอน้ำเพื่อนำไปใช้ในระบบ ต่างๆ ภายในบริษัท ได้แก่ แผนกกลั่น แผนกรับและจ่ายวัตถุดิบ แผนกรับและจ่ายน้ำมัน อุปกรณ์ขจัด อากาศ (deaerator) ไอน้ำที่ใช้ในการเป่า (blow steam) และแผนกแยกไข โดยปริมาณการใช้ไอน้ำ แสดงดังรูปที่ 3.2 ไอน้ำส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้ในแผนกกลั่น เมื่อวิเคราะห์การใช้ไอน้ำในแผนกกลั่น ไอน้ำส่วนใหญ่จะถูกใช้เป็นไอน้ำความดันปานกลาง โดยไอน้ำความดันปานกลางทั้งหมดจะถูกใช้ใน ระบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศแบบหลายชั้น (multistage steam jet ejector vacuum systems) ใน รูปของไอน้ำตัวพา ซึ่งทำหน้าที่ในการสร้างสุญญากาศให้กับหอกำจัดกลิ่น เพื่อให้ได้สภาวะในการกลั่น แยกกรดไขมันอิสระที่เหมาะสมที่สุด ระบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศแบบหลายชั้นจึงเป็นระบบสำคัญ ที่สุด เนื่องจากถ้าระบบนี้มีปัญหา กระบวนการผลิตจะต้องหยุดลงทันที ดังนั้นการลดพลังงานของ หัวฉีดไอน้ำสุญญากาศโดยการลดความดันไอน้ำตัวพาจะต้องคำนึงถึงความดันสุญญากาศภายในหอ กำจัดกลิ่นเป็นอันดับแรก



รูปที่ 3.1 ค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ยของบริษัท ทีเอส อุตสาหกรรมน้ำมัน จำกัด ระหว่างเดือนพฤษภาคม-กันยายน 2562



รูปที่ 3.2 ปริมาณการใช้ไอ้ภายในบริษัท ทีเอส อุตสาหกรรมน้ำมัน จำกัด ระหว่างเดือนพฤษภาคม-กันยายน 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 แนวทางและปฏิบัติการในการลดความดันของไอน้ำตัวพาในระบบหัวฉีดไอน้ำ สุญญากาศแบบหลายชั้น

สาเหตุของผลต่างของความดันของไอน้ำตัวพาที่ต่างกันระหว่างค่าการออกแบบและค่าที่ใช้ในปัจจุบันเกิดจากการใช้ความดันของไอน้ำตัวพาตามค่าการออกแบบ 9 บาร์ ไม่สามารถทำให้หอกำจัดกลิ่นมีความดันสุญญากาศอยู่ในค่าที่เหมาะสม จึงมีการเพิ่มความดันของไอน้ำตัวพาไปยัง 12 บาร์ เพื่อควบคุมความดันสุญญากาศภายในหอกำจัดกลิ่น เมื่อเวลาผ่านไป ที่ความดันของไอน้ำตัวพา 12 บาร์ไม่สามารถควบคุมความดันสุญญากาศภายในหอกำจัดกลิ่นได้ ทางบริษัท ทีเอส อุตสาหกรรม น้ำมัน จำกัดจึงได้ทำการซ่อมบำรุงระบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศแบบหลายชั้นด้วยการแทนที่ด้วยหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศชั้นสุดท้ายชิ้นใหม่ โดยพบว่าสาเหตุของการเพิ่มความดันไอน้ำตัวพา แต่ไม่สามารถควบคุมความดันสุญญากาศภายในหอกำจัดกลิ่นได้นั้น เกิดจากหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศในชั้นสุดท้าย เนื่องจากพื้นผิวภายในหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศเกิดการกัดกร่อนดังแสดงในรูป 3.3 ทำให้พื้นผิวไม่เรียบ ส่งผลให้สมรรถภาพของหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศในชั้นนี้ลดลง หลังจากได้ทำการเปลี่ยนหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศในชั้นสุดท้าย พบว่า ที่ความดันไอน้ำตัวพา 12 บาร์ สามารถควบคุมความดันสุญญากาศภายในหอกำจัดกลิ่นตามค่าที่ต้องการได้ ดังนั้นแนวทางในการลดความดันของไอน้ำตัวพา จะทำการลดความดันที่ 12 บาร์ ลดลงเหลือ 11 10.5 10 9.5 และ 9 บาร์ ตามลำดับ และจะหยุดการลดความดันของไอน้ำตัวพาก็ต่อเมื่อ ณ ความดันของไอน้ำตัวพานั้น ไม่สามารถควบคุมความดันสุญญากาศของหอกำจัดกลิ่นให้อยู่ในค่าที่ต้องการได้



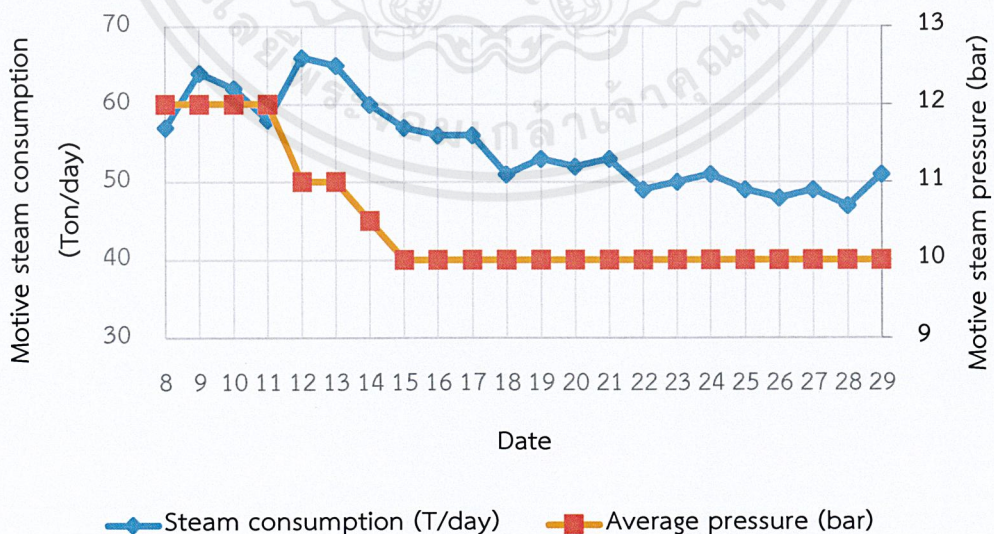
รูปที่ 3.3 หัวฉีดไอน้ำสุญญากาศชั้นสุดท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

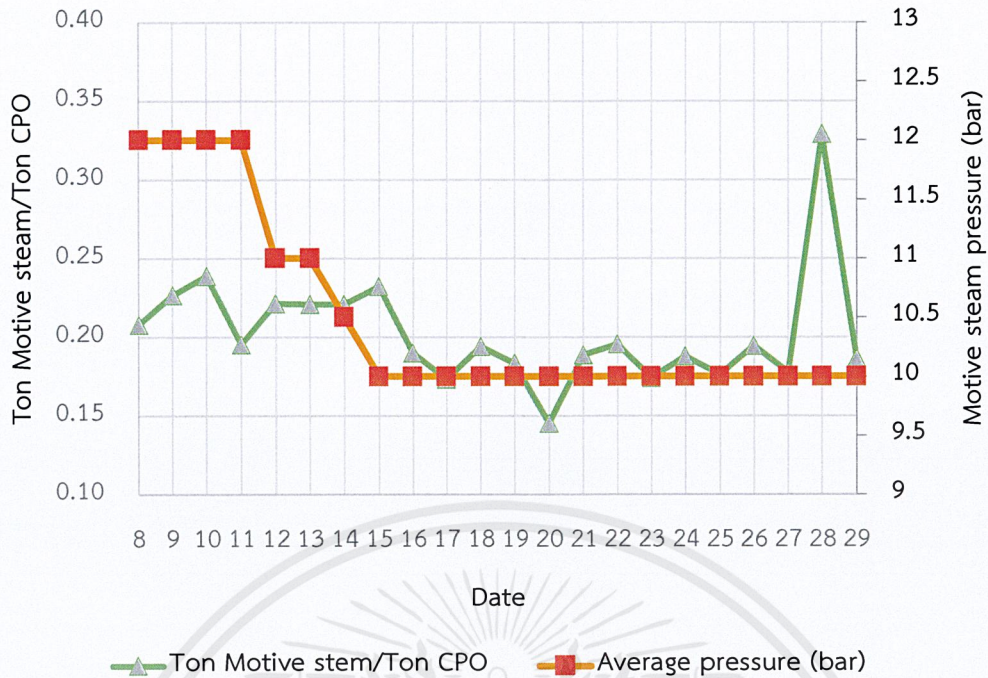
3.3 ผลการทดลองลดความดันของไอน้ำตัวพาในระบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศแบบหลายชั้น

การทดลองทำโดยการศึกษากระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มบริโภคในวันที่ 8 ถึง 29 ตุลาคมและทำการเก็บบันทึกค่าความดันไอน้ำตัวพา ปริมาณ CPO และปริมาณไอน้ำตัวพาในแต่ละวัน โดยใช้ความดันไอน้ำตัวพาเริ่มต้นที่ 12 บาร์เป็นระยะเวลา 4 วัน เมื่อความดันสุญญากาศภายในหอกำจัดกลิ่นอยู่ในค่าที่เหมาะสมและเสถียร ในวันที่ 11 ตุลาคมจึงได้ทำการลดความดันไอน้ำตัวพาอยู่ที่ 11 บาร์ สังเกตความดันสุญญากาศภายในหอกำจัดกลิ่นเป็นระยะเวลา 2 วัน เมื่อความดันสุญญากาศภายในหอกำจัดกลิ่นอยู่ในค่าที่เหมาะสมและเสถียร ในวันที่ 14 ตุลาคมจึงได้ทำการลดความดันไอน้ำตัวพาอยู่ที่ 10.5 บาร์ สังเกตความดันสุญญากาศภายในหอกำจัดกลิ่นเป็นเวลาเป็นระยะเวลา 1 วัน เมื่อความดันสุญญากาศภายในหอกำจัดกลิ่นอยู่ในค่าที่เหมาะสมและเสถียร ในวันที่ 15 ตุลาคมจึงได้ทำการลดความดันไอน้ำตัวพาอยู่ที่ 10 บาร์ เป็นระยะเวลา 6 วัน เมื่อความดันสุญญากาศภายในหอกำจัดกลิ่นอยู่ในค่าที่เหมาะสมและเสถียร ในวันที่ 21 ตุลาคมจึงได้ทำการลดความดันไอน้ำตัวพาอยู่ที่ 9.5 บาร์เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง พบว่าที่ความดันไอน้ำตัวพา 9.5 บาร์ ไม่สามารถทำความดันสุญญากาศภายในหอกำจัดกลิ่นให้อยู่ในค่าที่เหมาะสมได้ จึงกลับมาใช้ความดันไอน้ำตัวพาที่ 10 บาร์ จนหยุดกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มบริโภค

รูปที่ 3.4 แสดงให้เห็นถึงปริมาณไอน้ำตัวพาที่ใช้ในแต่ละวันของการทดลองลดความดันไอน้ำตัวพา พบว่าเมื่อทำการลดความดันไอน้ำตัวพา ปริมาณการใช้ไอน้ำตัวพาในแต่ละวันมีแนวโน้มลดลง เมื่อนำปริมาณไอน้ำในแต่ละวันเทียบกับปริมาณการใช้ CPO ในแต่ละวัน ที่ความดันไอน้ำตัวพาต่างๆ ดังรูปที่ 3.5 พบว่าปริมาณการใช้ไอน้ำตัวพาต่อปริมาณการใช้ CPO ในแต่ละวันมีแนวโน้มลดลง เมื่อความดันไอน้ำตัวพามีค่าลดลง

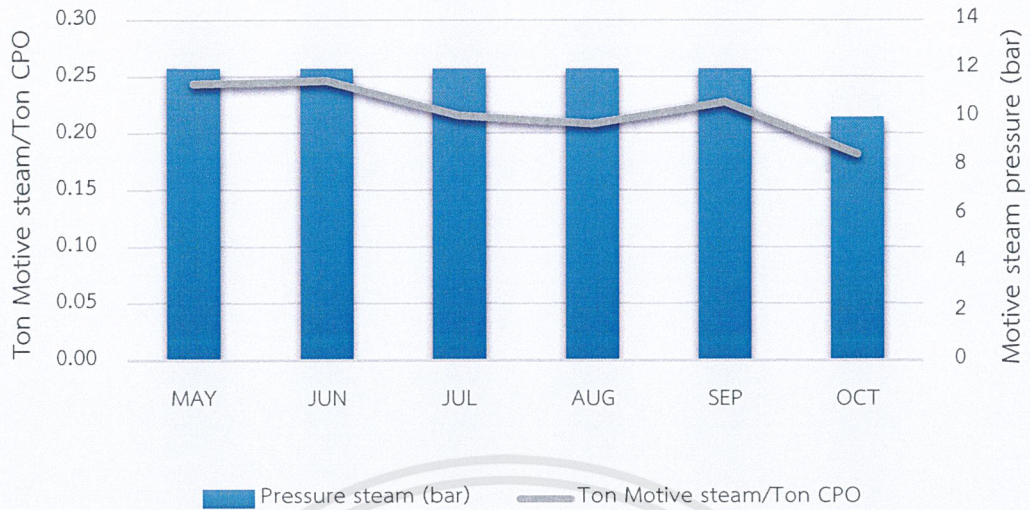


รูปที่ 3.4 ปริมาณไอน้ำตัวพาที่ใช้ในแต่ละวันของการทดลองลดความดันไอน้ำตัวพา
ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2562



รูปที่ 3.5 ปริมาณการใช้ไอน้ำต่อปริมาณ CPO ในแต่ละวันของการทดลองลดความดันไอน้ำตัวพา ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2562

เมื่อนำปริมาณการใช้ไอน้ำตัวพาต่อปริมาณการใช้ CPO นับจากวันที่ 18 ถึง 29 ตุลาคม มาเฉลี่ยเพื่อใช้ในการอ้างอิงปริมาณการใช้ไอน้ำตัวพาต่อปริมาณการใช้ CPO ที่ความดันไอน้ำตัวพา 10 บาร์ โดยไม่รวมวันที่ 28 ตุลาคม เนื่องจากมีการนำ CPO ที่ไม่ผ่านมาตรฐานที่บริษัทกำหนด กลับเข้าสู่กระบวนการผลิตใหม่ ค่าเฉลี่ยปริมาณการใช้ไอน้ำตัวพาต่อปริมาณการใช้ CPO ที่ความดัน 10 บาร์ อยู่ที่ 0.182 ตันไอน้ำตัวพาต่อตัน CPO เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้ไอน้ำตัวพาต่อปริมาณการใช้ CPO ในกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มบริโภคในสี่เดือนก่อนหน้าที่ความดันไอน้ำตัวพา 12 บาร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.6 ปริมาณการใช้ไอน้ำตัวพาต่อปริมาณการใช้ CPO ที่ความดันไอน้ำตัวพา 12 บาร์ เฉลี่ยอยู่ที่ 0.234 ตันไอน้ำตัวพาต่อตัน CPO โดยไม่รวมเดือนสิงหาคม เนื่องจากมีการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง พบว่าที่ความดันไอน้ำตัวพา 10 บาร์สามารถลดปริมาณการใช้ไอน้ำตัวพาต่อปริมาณการใช้ CPO ได้ 0.052 ตันไอน้ำตัวพาต่อตัน CPO เมื่อเทียบกับความดันไอน้ำตัวพา 12 บาร์ เมื่อ CPO มีปริมาณการใช้โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 250 ตันต่อวัน และต้นทุนในการผลิตไอน้ำอยู่ที่ 360 บาทต่อตันไอน้ำ ดังนั้น ในการใช้ไอน้ำตัวพาที่ความดัน 10 บาร์สามารถลดปริมาณการใช้ไอน้ำตัวพาได้ 13 ตันต่อวัน ซึ่งสามารถลดต้นทุนการผลิตให้กับบริษัทได้ประมาณ 1.7 ล้านบาทต่อปี



รูปที่ 3.6 ปริมาณการไอน้ำตัวพาต่อปริมาณ CPO ในแต่ละเดือน
ที่ความดันไอน้ำตัวพาต่างๆ ในปี 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการศึกษากระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มบริโภคของบริษัท ที เอส อุตสาหกรรมน้ำมัน จำกัด พบว่าต้นทุนการผลิตจากการใช้ถ่านหินสูงเป็นอันดับสองของบริษัท ซึ่งถ่านหินถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำ และไอน้ำส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้ในรูปของไอน้ำตัวพาภายในแผนกกลั่น จึงทำการศึกษาหาแนวทางในการลดปริมาณไอน้ำตัวพาเพื่อลดต้นทุนการผลิต พบว่าสามารถลดปริมาณการใช้ไอน้ำตัวพาได้จากการลดความดันของไอน้ำตัวพา ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าการออกแบบ จึงมีการดำเนินงานลดปริมาณการใช้ไอน้ำตัวพาในระบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศแบบหลายชั้น โดยใช้วิธีการลดความดันของไอน้ำตัวพาจาก 12 บาร์ให้ใกล้เคียงกับค่าการออกแบบที่ 9 บาร์มากที่สุด พบว่าที่สภาวะปัจจุบัน ไอน้ำตัวพาสามารถลดความดันได้มากที่สุดอยู่ที่ 10 บาร์ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อความดันสุญญากาศภายในหอกำจัดกลิ่น สำหรับระบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศแบบหลายชั้นที่ใช้ความดันไอน้ำตัวพาที่ 10 บาร์ สามารถลดปริมาณการใช้ไอน้ำต่อปริมาณ CPO ได้อยู่ที่ประมาณ 0.052 ตันไอน้ำต่อตัน CPO สามารถคิดเป็นปริมาณการใช้ไอน้ำตัวพาที่ลดลงได้ 13 ตันไอน้ำตัวพาต่อวัน ซึ่งสามารถลดต้นทุนการผลิตให้กับบริษัทได้ประมาณ 1.7 ล้านบาทต่อปี

4.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากโครงการที่ได้ดำเนินการนั้น ไม่สามารถลดความดันไอน้ำตัวพาจนถึงค่าการออกแบบได้ จึงอยากให้โรงงานสหกิจนี้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์หาสาเหตุผลต่างของความดันไอของไอน้ำตัวพาที่ต่างกันระหว่างค่าการออกแบบและค่าที่ใช้ในปัจจุบันที่นอกเหนือจากงานที่ได้ดำเนินการ เพื่อลดปริมาณการใช้ไอน้ำตัวพาที่ไม่จำเป็นและอาจทราบถึงการบกพร่องของอุปกรณ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบหัวฉีดไอน้ำสุญญากาศแบบหลายชั้นภายในแผนกกลั่น

เอกสารอ้างอิง

- [1] ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 56 (2524). “น้ำมันปาล์ม”. [Online].
Available : http://food.fda.moph.go.th/law/announ_moph201-250.php.
3/1/2563.
- [2] Veronique Gibon. “Palm Oil and Palm Kernel Oil Refining and Fractionation Technology”. Production, Processing, Characterization and Uses 2012.P329-372
- [3] ศิริกานต์ สัตถวิชัยพิชญ์ (2555). “เทคโนโลยีการกลั่นน้ำมันปาล์มบริโภค”.
- [4] J. R. Lines. “Ejector systems for fats, oils, oleochemicals”
- [5] Keenan J. H., Neumann E. P. and Lustwerk F. “A investigation of ejector design by analysis and experiment”. Transacation of the ASME Journal of Applied Mechanics. 1950
- [6] Navid Sharifi, Majidd Sharifi. “Reducing energy consumption of a steam ejector through experimental optimization of the nozzle geometry”. Energy 66 (2014). 860-867
- [7] Stepan Akterian. “Improving the Energy Efficiency of Traditional Multi-Stage Steam-Jet-Ejector Vacuum Systems for Deodorizing Edible Oils”. Food Science(2011)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก. 1 ข้อมูลต่างๆ ในช่วงกระบวนการผลิตภายในเดือนมิถุนายน 2562

วันที่	ความดันไอน้ำ ตัวพา (บาร์)	ปริมาณการใช้ไอน้ำ ตัวพา (ตัน/วัน)	ปริมาณการใช้ CPO (ตัน/วัน)	ปริมาณการใช้ไอน้ำตัวพาต่อ การใช้ CPO (ตัน/ตัน)
5	12	51	237.674	0.215
6	12	57	214.934	0.265
7	12	56	205.550	0.272
8	12	58	203.180	0.285
9	12	62	227.730	0.272
10	12	63	261.940	0.241
11	12	58	173.862	0.334
12	12	58	203.458	0.285
13	12	56	169.601	0.330
14	12	68	257.600	0.264
15	12	49	231.238	0.212
16	12	57	202.391	0.282
17	12	54	209.008	0.258
18	12	55	245.303	0.224
19	12	56	223.358	0.251
20	12	59	220.586	0.267
21	12	53	279.149	0.190
22	12	54	313.986	0.172
23	12	55	289.350	0.190
24	12	54	252.038	0.214
25	12	55	322.504	0.171
26	12	61	198.199	0.308
27	12	52	320.152	0.162
28	12	57	226.277	0.252
29	12	61	253.000	0.241
30	12	58	261.910	0.221
เฉลี่ย	12	57.0	238.6522	0.2466

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก. 2 ข้อมูลต่างๆ ในช่วงกระบวนการผลิตภายในเดือนกรกฎาคม 2562

วันที่	ความดันไอน้ำ ตัวพา (บาร์)	ปริมาณการใช้ไอน้ำ ตัวพา (ตัน/วัน)	ปริมาณการใช้ CPO (ตัน/วัน)	ปริมาณการใช้ไอน้ำตัวพาต่อ การใช้ CPO (ตัน/ตัน)
1	12	45	247.002	0.182
2	12	44	205.318	0.214
3	12	45	255.470	0.176
4	12	47	294.831	0.159
5	12	47	300.539	0.156
6	12	52	311.880	0.167
7	12	52	277.885	0.187
8	12	54	303.265	0.178
9	12	50	260.150	0.192
10	12	50	269.100	0.186
11	12	44	102.960	0.427
12	12	47	166.010	0.283
13	12	49	258.080	0.190
14	12	52	222.120	0.234
15	12	54	268.680	0.201
16	12	51	224.940	0.227
17	12	43	-	-
18	12	44	122.933	0.358
19	12	55	279.223	0.197
20	12	52	232.106	0.224
21	12	49	292.465	0.168
22	12	52	295.941	0.176
23	12	45	247.002	0.182
24	12	44	205.318	0.214
25	12	45	255.470	0.176
26	12	47	294.831	0.159
27	12	47	300.539	0.156
28	12	52	311.880	0.167

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก. 2 ข้อมูลต่างๆ ในช่วงกระบวนการผลิตภายในเดือนกรกฎาคม 2562 (ต่อ)

วันที่	ความดันไอน้ำ ตัวพา (บาร์)	ปริมาณการใช้ไอน้ำ ตัวพา (ตัน/วัน)	ปริมาณการใช้ CPO (ตัน/วัน)	ปริมาณการใช้ไอน้ำตัวพาต่อ การใช้ CPO (ตัน/ตัน)
29	12	53	298.783	0.182
30	12	52	298.246	0.214
31	12	58	308.252	0.176
เฉลี่ย	12	50.1	248.0142	0.159

ตารางที่ ก. 3 ข้อมูลต่างๆ ในช่วงกระบวนการผลิตภายในเดือนสิงหาคม 2562

วันที่	ความดันไอน้ำ ตัวพา (บาร์)	ปริมาณการใช้ไอน้ำ ตัวพา (ตัน/วัน)	ปริมาณการใช้ CPO (ตัน/วัน)	ปริมาณการใช้ไอน้ำตัวพาต่อ การใช้ CPO (ตัน/ตัน)
23	12	58	264.347	0.219
24	12	59	289.076	0.204
25	12	54	260.058	0.208
26	12	54	259.279	0.208
27	12	59	306.693	0.192
28	12	62	311.357	0.199
29	12	61	313.636	0.194
30	12	53	218.351	0.243
เฉลี่ย	12	57.5	277.8496	0.2085

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก. 4 ข้อมูลต่างๆ ในช่วงกระบวนการผลิตภายในเดือนกันยายน 2562

วันที่	ความดันไอน้ำ ตัวพา (บาร์)	ปริมาณการใช้ไอน้ำ ตัวพา (ตัน/วัน)	ปริมาณการใช้ CPO (ตัน/วัน)	ปริมาณการใช้ไอน้ำตัวพาต่อ การใช้ CPO (ตัน/ตัน)
2	12	57	198.350	0.287
3	12	62	245.108	0.253
4	12	63	297.816	0.212
5	12	64	279.578	0.229
6	12	61	244.547	0.249
7	12	64	281.229	0.228
8	12	64	295.048	0.217
9	12	59	258.784	0.228
10	12	65	282.086	0.230
11	12	59	276.641	0.213
12	12	62	279.629	0.222
13	12	47	-	-
เฉลี่ย	12	62.3	274.0466	0.2281

ตารางที่ ก. 5 ข้อมูลต่างๆ ในช่วงกระบวนการผลิตภายในเดือนตุลาคม 2562

วันที่	ความดันไอน้ำ ตัวพา (บาร์)	ปริมาณการใช้ไอน้ำ ตัวพา (ตัน/วัน)	ปริมาณการใช้ CPO (ตัน/วัน)	ปริมาณการใช้ไอน้ำตัวพาต่อ การใช้ CPO (ตัน/ตัน)
8	12	57	274.554	0.208
9	12	64	282.849	0.226
10	12	62	259.770	0.239
11	12	58	296.939	0.195
12	11	66	298.532	0.221
13	11	65	294.720	0.221
14	10.5	60	271.874	0.221
15	10	57	245.704	0.232
16	10	56	295.002	0.190
17	10	56	323.130	0.173
18	10	51	263.113	0.194

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก. 5 ข้อมูลต่างๆ ในช่วงกระบวนการผลิตภายในเดือนตุลาคม 2562

วันที่	ความดันไอน้ำตัวพา (บาร์)	ปริมาณการใช้ไอน้ำตัวพา (ตัน/วัน)	ปริมาณการใช้ CPO (ตัน/วัน)	ปริมาณการใช้ไอน้ำตัวพาต่อการใช้ CPO (ตัน/ตัน)
19	10	53	289.060	0.183
20	10	52	357.760	0.145
21	10	53	281.250	0.188
22	10	49	250.749	0.195
23	10	50	287.434	0.174
24	10	51	271.810	0.188
25	10	49	278.181	0.176
26	10	48	247.135	0.194
27	10	49	275.854	0.178
28	10	47	142.875	0.329
29	10	51	273.830	0.186
เฉลี่ยที่ 10 บาร์ตั้งแต่วันที่ 18 -29 โดยไม่นับวันที่ 28		50.5	279.652	0.182

ตารางที่ ก. 6 ค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ยของบริษัทระหว่างเดือนพฤษภาคม-กันยายน 2562

ส่วน	ค่าใช้จ่าย (บาท/เดือน)
ไฟฟ้า	950400
ถ่านหิน	796431
แป้งฟอกสี	280189
โอที้	164517
น้ำมันเตา	110364
กรดฟอสฟอริก	90179
น้ำประปา	71894
โซดาไฟ	67730
กรดเกลือ	18208
ไนโตรเจน	10396

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก. 7 ปริมาณการใช้ไอน้ำโดยเฉลี่ยภายในบริษัท ระหว่างเดือนพฤษภาคม-กันยายน 2562

ส่วน	ปริมาณการใช้ไอน้ำ (ตัน/เดือน)
แผนกกลั่น	1313
แผนกรับ-จ่ายวัตถุดิบ	700
แผนกรับ-จ่ายน้ำมัน	245
เครื่องกำจัดอากาศ	234
ไอน้ำที่ใช้ในการเผา	130
แผนกแยกไซ	117



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้