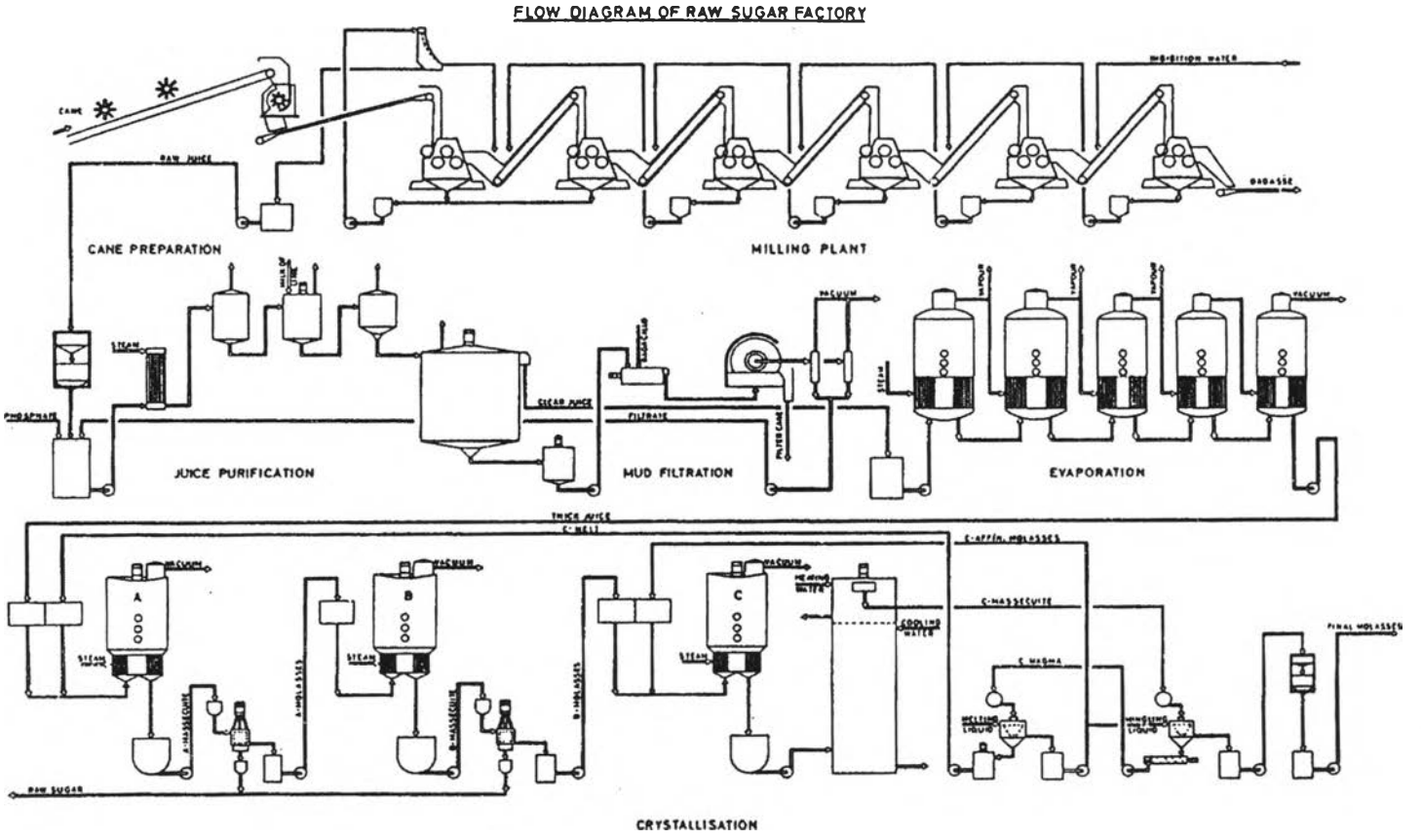
บทที่ 3

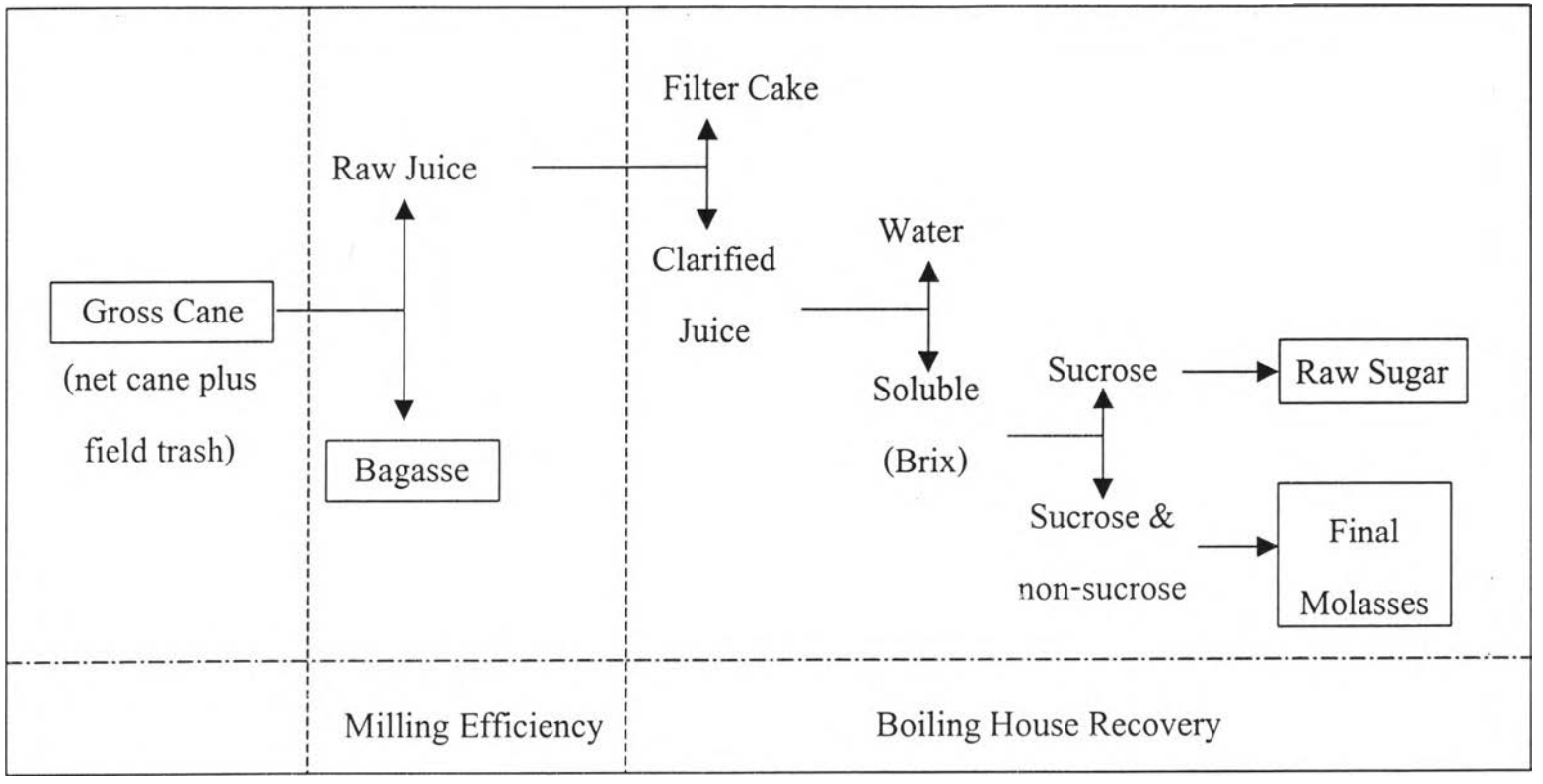
กระบวนการผลิตน้ำตาลทราย

3.1 กล่าวนำ

โรงงานน้ำตาลทรายเป็นอุตสาหกรรมประเภทหนึ่งที่มีการจัดระบบพลังงานของโรงงานเป็นแบบระบบผลิตพลังงานร่วม ระบบผลิตพลังงานร่วม(Cogeneration) เป็นระบบที่นิยมใช้กันมากในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ซึ่งลักษณะการทำงานของระบบผลิตพลังงานร่วม จะมีการนำไอน้ำที่ผลิตได้ไปใช้ผลิตกำลังงานกลเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าและขับเคลื่อนเครื่องจักรในโรงงานก่อนแล้วจึงนำไปใช้ให้ความร้อนแก่กระบวนการผลิตอื่นๆต่อไป ในกระบวนการผลิตในโรงงานน้ำตาลทรายเป็นกระบวนการผลิตที่มีความต้องการใช้ไอน้ำเพื่อทำการให้ความร้อน โดยใช้ไอน้ำที่ความดันประมาณ 1.5 kg_f/cm^2 G อุณหภูมิไอน้ำประมาณ 120 $^{\circ}C$ ไอน้ำคายความร้อนจนกระทั่งไอน้ำกลายเป็นน้ำ อีกทั้งในโรงงานน้ำตาลทรายยังมีการใช้อุปกรณ์ต้นกำลังในอัตราที่สูง หากใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังก็จะทำให้ทางโรงงานมีภาระในเรื่องค่าไฟฟ้าที่สูง โรงงานน้ำตาลส่วนใหญ่จะมีการผลิตไอน้ำที่ความดันสูงปานกลาง เพื่อใช้ขับกังหันไอน้ำซึ่งใช้ขับอุปกรณ์ต้นกำลังที่จำเป็นในกระบวนการผลิตให้เพียงพอต่อความจำเป็นใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงงาน วิธีการนี้เรียกว่า Power match ทำให้ทางโรงงานไม่ต้องจ่ายค่าไฟฟ้าเป็นการลดภาระเรื่องค่าไฟฟ้าของโรงงานลงได้ แต่ก็ก่อปัญหาตามมาในเรื่องของปริมาณไอน้ำในกระบวนการผลิตอาจจะไม่เพียงพอต่อความต้องการ ดังนั้นทางโรงงานต้องติดตั้งหม้อไอน้ำเพิ่มเติมและแนวทางในการแก้ปัญหาการขาดแคลนไอน้ำมีอยู่ 2 ทางเลือก วิธีที่หนึ่งคือทำการติดตั้งวาล์วลดความดัน (Pressure reducing valve) เพื่อลดความดันไอน้ำความดันสูงเป็นไอน้ำความดันต่ำ ซึ่งถือว่าเป็นการสูญเสียทางด้านพลังงาน(Available energy)อย่างหนึ่ง ส่วนอีกวิธีหนึ่งในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นทำได้โดย การติดตั้งกังหันไอน้ำเพื่อใช้ขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยที่กังหันไอน้ำนี้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ลดความดันและผลิตกระแสไฟฟ้าออกมา วิธีการนี้เรียกว่า Heat match กระแสไฟฟ้าที่ได้ออกมานี้ส่วนหนึ่งก็เพื่อการใช้งานภายในกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายและภายในบ้านพักของโรงงาน ไฟฟ้าส่วนที่เหลือหรือเรียกว่าไฟฟ้าส่วนเกินสามารถที่จะจำหน่ายให้แก่การไฟฟ้าหรือในชุมชนได้ซึ่งเป็นการเพิ่มรายได้ของโรงงานได้อีกทางหนึ่ง



รูปที่ 3.1 กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบของโรงงานน้ำตาล



รูปที่ 3.2 กระบวนการแปรรูปอ้อย

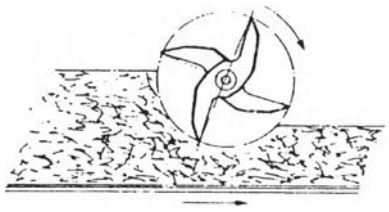
3.2 กระบวนการผลิตของโรงงานน้ำตาล (Process of Thailand's sugar mill)

ในการศึกษาถึงการใช้พลังงานภายในโรงงานน้ำตาล สิ่งจำเป็นต้องทราบในเบื้องต้นนั่นก็คือ รูปแบบกระบวนการผลิตของโรงงานเพื่อให้ทราบถึงการใช้พลังงานของอุปกรณ์แต่ละชนิด ซึ่งจะช่วยให้ทำนายการใช้พลังงานได้ถูกต้องมากขึ้น

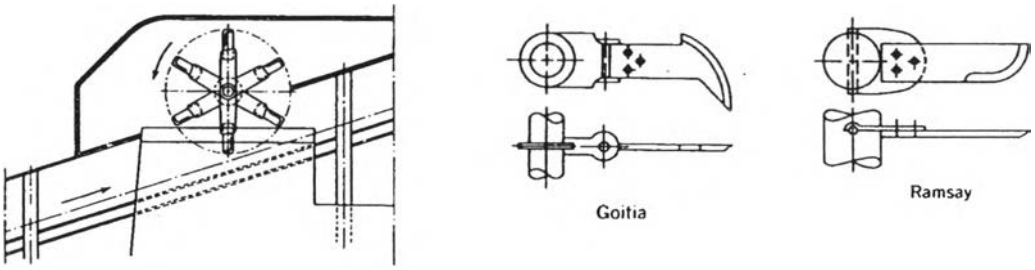
กระบวนการผลิตในโรงงานน้ำตาลในประเทศไทยทุกๆโรงงานจะมีกรรมวิธีการผลิตที่คล้ายๆกัน โดยสามารถจำแนกออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ และกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ ดังแสดงในรูปที่ 3.1 เป็นกระบวนการผลิตของน้ำตาลทรายดิบซึ่งแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนจัดเตรียมอ้อย(Cane Preparation)

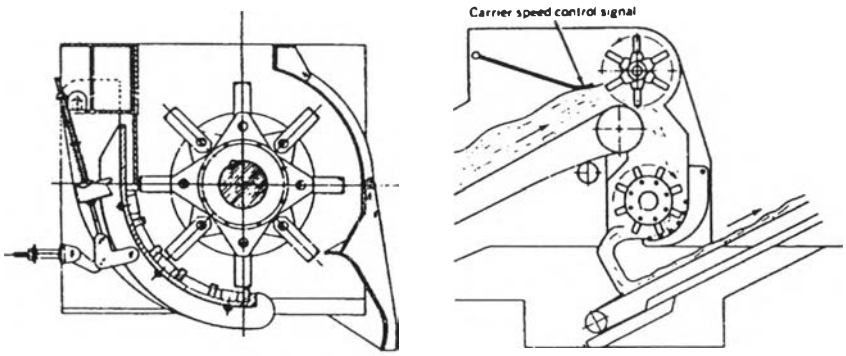
ลำอ้อยก่อนที่จะเข้าลูกหีบลูกแรกจะต้องมีการเตรียมอ้อยก่อน เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดน้ำอ้อยให้สูงที่สุด โดยเริ่มจากเมื่อรถบรรทุกอ้อยถูกจัดขึ้นแท่นเทแล้วจะถูกยกเทอ้อยลงสู่รางสะพานลำเลียงชุดที่ 1 (Cross Carrier) สะพานจะนำอ้อยผ่านชุดเกลี่ยอ้อย (Equalizer) ลงสู่สะพานลำเลียงชุดที่ 2 (Cane Carrier) จากนั้นจะนำอ้อยผ่านมีดฟันอ้อย(Cane Knives) ชุดที่ 1 และ 2 เมื่ออ้อยถูกตัดเป็นชิ้นละเอียด สะพานลำเลียงชุดที่ 2 จะนำอ้อยผ่านแม่เหล็กไฟฟ้า(Magnetic Separator) เพื่อดูดเหล็กที่ติดมากับอ้อยออก เป็นการป้องกันไม่ให้เหล็กและโลหะที่ติดมากับอ้อยเข้าไปทำความเสียหายกับเครื่องฉีกอ้อยและชุดลูกหีบ แล้วจึงส่งผ่านอ้อยลงในเครื่องฉีกอ้อย(Shredder)เพื่อฉีกอ้อยให้เป็นฝอยละเอียด สะพานหลังเครื่องฉีกอ้อย (Cane Elevation) จะลำเลียงอ้อยผ่านแม่เหล็กดูดเหล็กอีกครั้ง แล้วนำเข้าสู่เครื่องหีบอ้อยหรือลูกหีบต่อไป



รูปที่ 3.3 การทำงานของชุดเกลี่ยอ้อย



รูปที่ 3.4 ลักษณะการทำงานของมีดและใบมีดบางชนิด

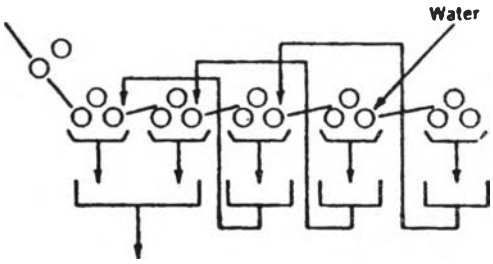


รูปที่ 3.5 Tongaat shredder.
(A) Shredder side
(B) Shredder feeding

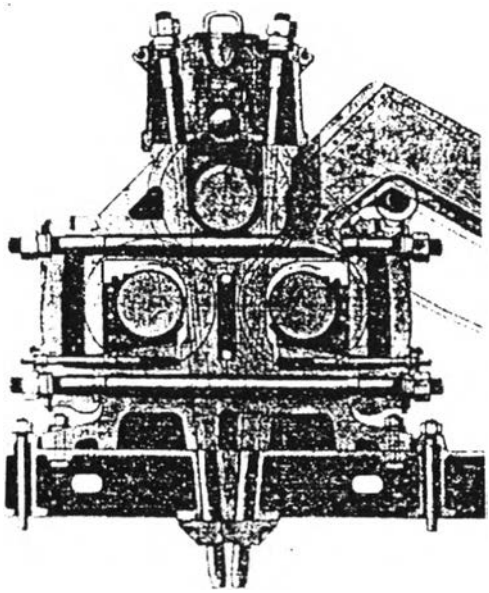
2. ขั้นตอนการสกัดน้ำอ้อย (Juice Extraction)

เมื่อผ่านการเตรียมอ้อยจนเป็นฝอยละเอียดแล้วอ้อยจะถูกลำเลียงเข้าสู่ชุดลูกหีบ(Mill Tandem) โรงงานส่วนใหญ่จะใช้ระบบ 4 - 6 ชุดลูกหีบ แต่ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทยจะเป็นระบบ 5 ชุดลูกหีบ โดยลูกหีบชุดที่ 1 จะต้องสกัดน้ำอ้อยออกมาให้ได้มากที่สุด จากนั้นกากอ้อยที่ออกจากลูกหีบชุดที่ 1 จะถูกพรมด้วยน้ำอ้อยจากการสกัดในลูกหีบชุดที่ 3 แล้วเข้าสู่ลูกหีบชุดที่ 2 น้ำอ้อยที่สกัดได้จากลูกหีบชุดที่ 2 จะถูกนำมารวมกับน้ำอ้อยที่สกัดได้จากลูกหีบชุดที่ 1 เรียกว่าน้ำอ้อยรวม (Mixed Juice) สำหรับกากอ้อยที่ออกจากลูกหีบชุดที่ 2

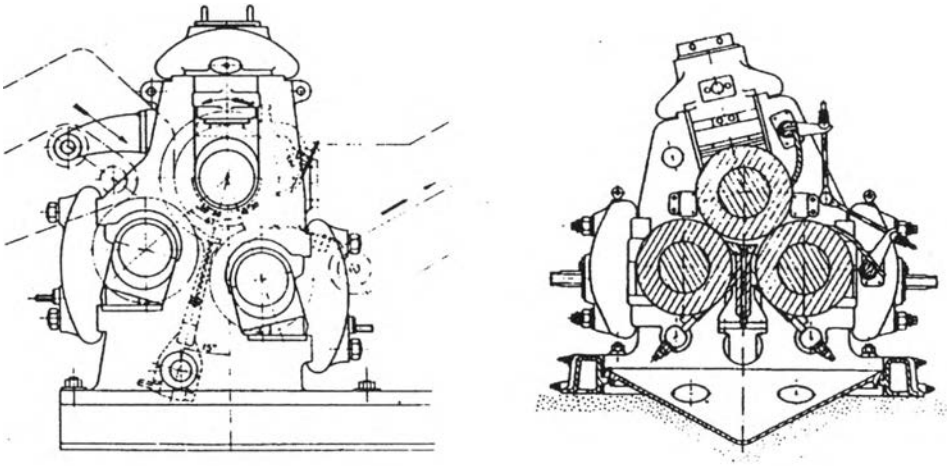
จะถูกพรมด้วยน้ำอ้อยที่สกัดได้จากลูกหีบชุดที่ 4 และกากอ้อยที่ออกจากลูกหีบชุดที่ 3 จะถูกพรมด้วยน้ำอ้อยที่สกัดได้จากลูกหีบชุดที่ 5 ส่วนกากอ้อยที่ออกจากลูกหีบชุดที่ 4 จะถูกพรมด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 60 - 70 $^{\circ}C$ ลักษณะการพรมน้ำแบบนี้เรียกว่า Compound Imbibition



รูปที่ 3.6 ลักษณะการพรมน้ำแบบ Compound Imbibition



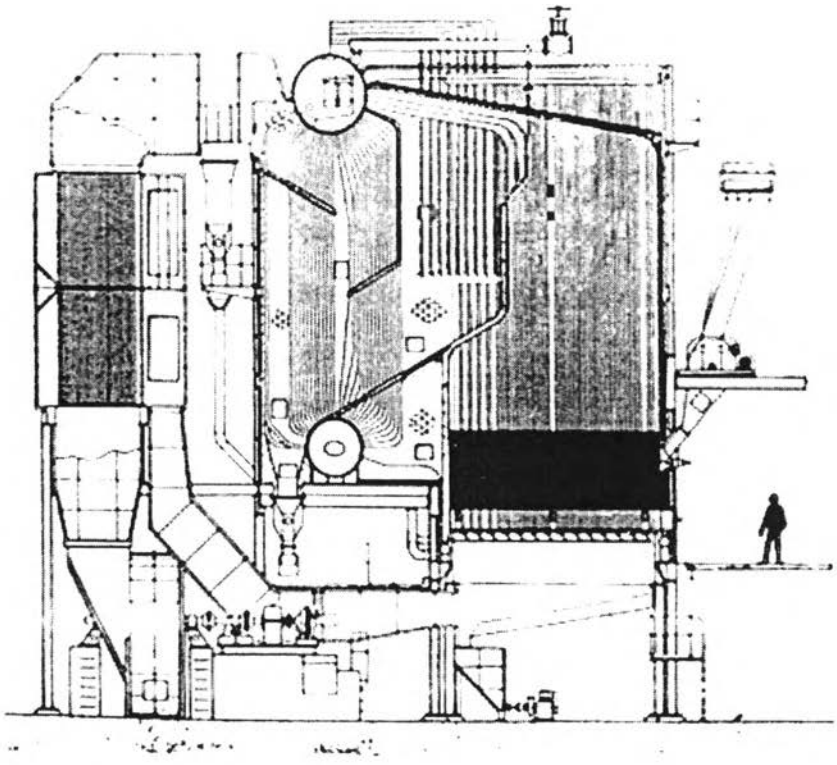
รูปที่ 3.7 ลักษณะโดยทั่วไปของลูกหีบ



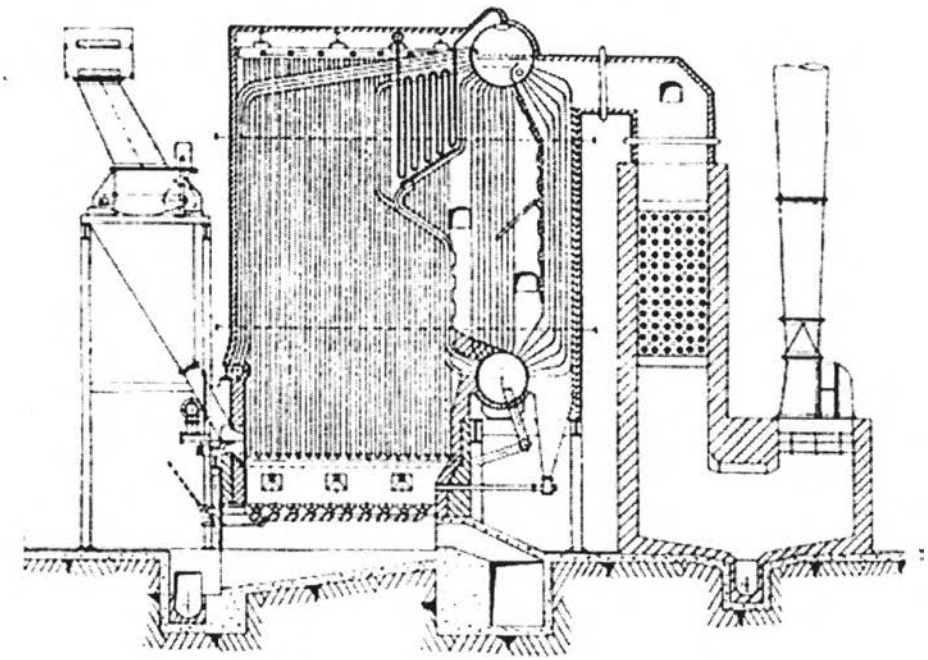
(ก.) (ข.)

รูปที่ 3.8 รายละเอียดภายในของลูกหีบ
(ก.) ลูกหีบมีขนาดต่างกัน
(ข.) ลูกหีบมีขนาดเท่ากัน

กากอ้อยที่ออกจากลูกหีบชุดสุดท้ายจะถูกลำเลียงโดยสายพานส่งเข้าหม้อไอน้ำ เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนการใช้น้ำมันเตาเพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิต โรงงานส่วนใหญ่จะมีหม้อไอน้ำที่สามารถผลิตไอน้ำที่มีความดันอยู่ในช่วง 20 - 25 kg/cm^2 G และไอน้ำที่ผลิตได้เป็นไอดง(Super Heated Steam) เรียกว่า ไอแห้ง(Life Steam) ซึ่งนำไปใช้ขับกังหันไอน้ำต่างๆ เช่น กังหันไอน้ำที่ใช้ขับลูกหีบ(Mill Roller) กังหันไอน้ำที่ใช้ขับเครื่องฉีกอ้อย(Shredder) กังหันไอน้ำที่ใช้ขับมีด(Cane Knife) กังหันไอน้ำที่ใช้ขับพัดลมดูด(Induced Draft Fan)ของหม้อไอน้ำ, กังหันไอน้ำที่ใช้ขับเครื่องสูบน้ำ(Pump)ในหม้อไอน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า(Generator) ส่วนไอเสีย(Exhaust Steam) ที่ได้จากเครื่องกังหันไอน้ำทั้งหมดจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการต่างในโรงงานต่อไป



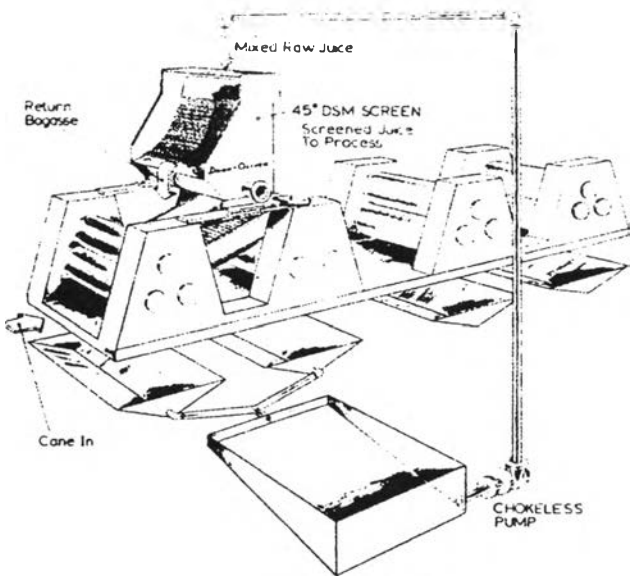
รูปที่ 3.9 Bagasse fired boiler, 70 t/h



รูปที่ 3.10 Spreader-stoker furnace with rocking grate

3. ขั้นตอนการระเหยน้ำในโรงต้ม

หลังจากน้ำอ้อยที่ได้จากลูกหีบชุดที่ 1 และ 2 มารวมกันเป็นน้ำอ้อยรวม(Mixed Juice) น้ำอ้อยนี้ยังมีความสกปรกอยู่ เนื่องจากมีสารจำพวกแขวนลอย เช่น โคลนดม เศษกาก ใบ กากอ้อยละเอียดที่ติดมา ดังนั้นจึงต้องทำความสะอาดน้ำอ้อย โดยกำจัดสิ่งต่างๆเหล่านี้ออกก่อนด้วยวิธีการกรอง โดยจะถูกสูบผ่านตะแกรงกรองกากอ้อย(DSM Screen) เพื่อกรองสารแขวนลอย แต่กระนั้นก็ตามน้ำอ้อยนี้ยังสกปรกอยู่ เนื่องจากยังมีสารจำพวกอื่นๆผสมปนในอณูของน้ำอ้อย สารที่ปนอยู่นี้ได้แก่สารจำพวกกรดอินทรีย์ต่างๆที่มิใช่น้ำตาล นอกจากนี้ยังมีพวก Oxalate, Tartrate, Nitrogenious, Colloids พวกไขมัน(Fats), ไขแข็ง(waxes), ยางเหนียว (gums), ฟอสเฟตและสารเกิดสีในน้ำอ้อย ซึ่งสารเหล่านี้ไม่อาจกำจัดได้ด้วยวิธีการกรอง ดังนั้นน้ำอ้อยที่ได้จากการกรองจะสูบส่งลงไปยังหม้ออุ่นน้ำอ้อย(Heater) เพื่ออุ่นน้ำอ้อยให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 55 - 60 $^{\circ}C$ ก่อน แล้วจึงเข้าสู่กระบวนการทำใส (Clarification Process) ต่อไป

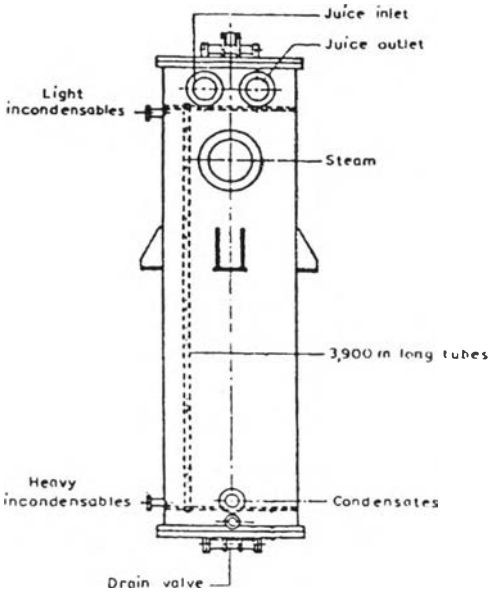


รูปที่ 3.11 DSM SCREEN

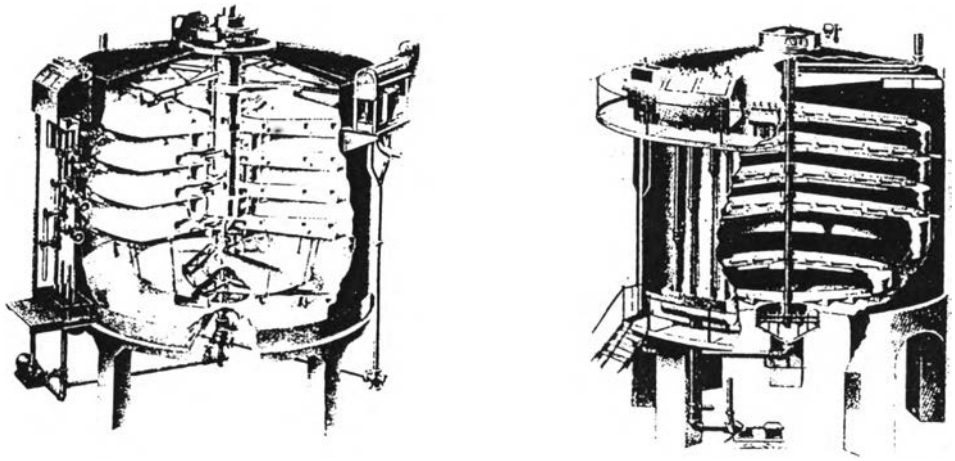
- กระบวนการทำใส (Clarification Process)

หลังจากที่ได้อ้อยเข้าหม้ออุ่นน้ำอ้อย(Heater) เพื่อควบคุมอุณหภูมิให้ได้ 55 ถึง 60 องศาเซลเซียส แล้วส่งไปยังถังผสมเพื่อผสมน้ำปูนขาว(Lime mixer tank) โดยที่น้ำปูนขาวที่จะนำมาผสมจะควบคุมที่ความเข้มข้นประมาณ 10 - 13 องศาโบเม่(Baume) เพื่อควบคุมน้ำ

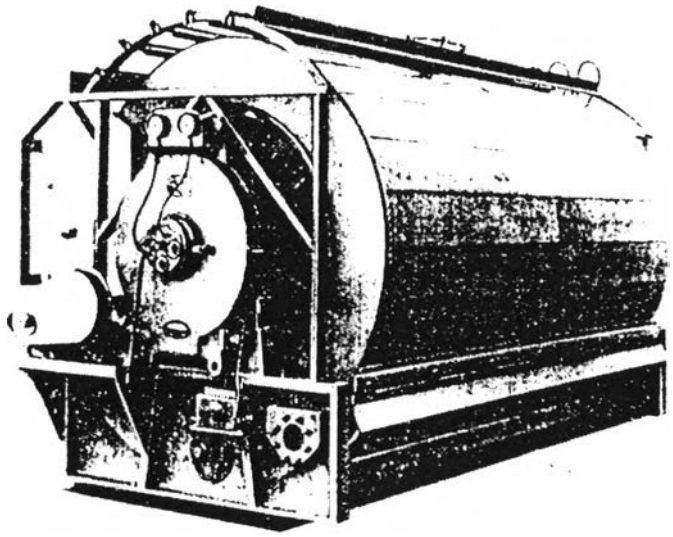
อ้อยผสมปูนขาว(Limed juice) ให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 7.4 - 7.8 ก่อนเข้าสู่ถังพักน้ำอ้อยผสมปูนขาว(Limed juice tank) หลังจากนั้นจะถูกส่งเข้าสู่หม้ออุ่นน้ำอ้อยชุดที่ 2 (Secondary heater) อีกครั้งเพื่อควบคุมอุณหภูมิที่ได้ 95 - 105 $^{\circ}C$ แล้วส่งขึ้นไปเข้าถังระบายไอ (Flash vapor tank) ซึ่งอยู่ด้านบนของถังพักใสในแต่ละใบเพื่อป้องกันมิให้น้ำอ้อยเดือดก่อนเข้าถังพักน้ำอ้อยใส (Clarified tank)และเติมน้ำปูนขาวอีกครั้งเพื่อรวมตัวกับสิ่งสกปรกที่มีอยู่ในน้ำอ้อยให้ตกตะกอนในถังพักนี้ ส่วนที่เป็นน้ำอ้อยใสจะไหลออกมาทางท่อด้านบนของแต่ละชั้น ส่วนที่เป็นตะกอนจะตกลงสู่ก้นถัง กากตะกอนที่ได้นี้เรียกว่า Mud Juice น้ำอ้อยใสที่ถูกแยกออกมาจากถังพักใสไปยังตะแกรงกรอง(Strainer) เพื่อกรองกากละเอียด น้ำอ้อยที่ได้เรียกว่าน้ำอ้อยใส(Clarified juice) ซึ่งมีความเข้มข้นประมาณ 12-15 องศาบริกซ์และถูกส่งเข้าสู่ระบบการต้มระเหยต่อไป สำหรับกากตะกอน จะถูกส่งลงไปผสมกับกากอ้อยละเอียด(Bagacillo) ในถังผสม(Mud mixer tank) จากนั้นจะนำส่งเข้าหม้อกรองสุญญากาศ (Filter) เพื่อแยกน้ำอ้อยกับกากตะกอนออกจากกัน กากตะกอนที่ได้นี้เรียกว่าขี้หม้อกรอง(Filter cake) จัดว่าเป็นปุ๋ยคอกชนิดหนึ่งที่เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิต ปุ๋ยที่ได้นี้จะนำไปให้แก่ชาวไร่ เพื่อนำไปใส่ไร่อ้อย สำหรับน้ำอ้อยที่ได้จะถูกส่งเข้าสู่ถังและผสมปูนขาวอีกครั้งหนึ่ง เพื่อเข้าสู่ขบวนการอื่นๆ ต่อไป



รูปที่ 3.12 หม้ออุ่นน้ำอ้อย



รูปที่ 3.13 ถังพักน้ำอ้อยใส (Clarified Tanks)

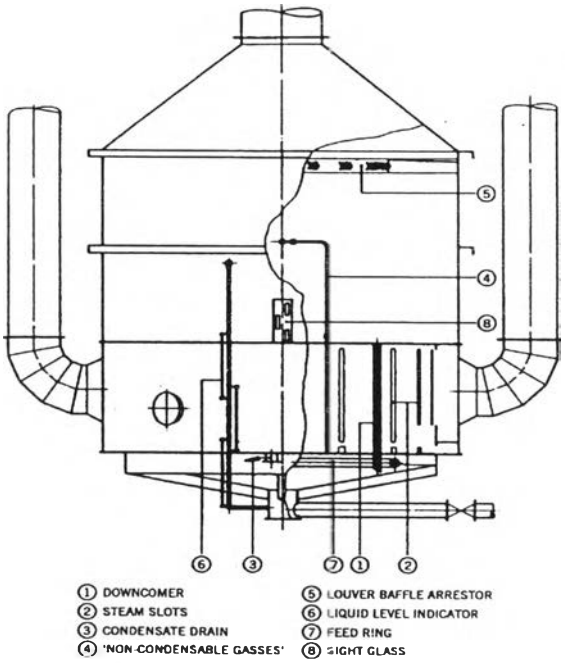


รูปที่ 3.14 หม้อกรองละเอียด (Campbell filter)

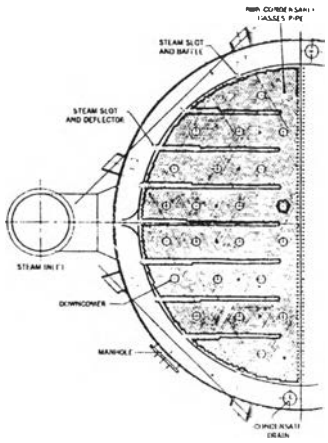
- กระบวนการต้มระเหย (Evaporation Process)

กระบวนการต้มระเหยจะอาศัยหลักการถ่ายเทความร้อนระหว่างไอน้ำกับน้ำอ้อยโดยผ่านผิวถ่ายเทความร้อนที่เป็นท่อโลหะซึ่งทำด้วยแสตนเลสหรือทองแดง กระบวนการต้มระเหยเพื่อระเหยน้ำออกจากน้ำอ้อยให้น้ำอ้อยมีความเข้มข้นสูงขึ้นหรือเรียกว่า น้ำเชื่อม การต้มระเหยของโรงงานส่วนใหญ่จะใช้หม้อต้มเป็นแบบชุดหม้อต้ม(Multiple Effects) ที่นิยมใช้จะเป็นแบบ 4 - 6 ชุดหม้อต้ม วิธีนี้จะประหยัดพลังงานความร้อนได้โดยอาศัย ทำให้จุดเดือดของน้ำอ้อยภายในหม้อแต่ละชุดต่ำกว่าจุดเดือด ลดหลั่นกันไปอย่างต่อเนื่องโดยอาศัยไอน้ำที่ถูกทำให้ระเหยจากน้ำอ้อยในหม้อต้มชุดที่ 1 มาระเหยน้ำจากน้ำอ้อยในหม้อต้มชุดที่ 2 จนกลายเป็นไอแล้วนำไอน้ำที่ได้จากหม้อต้มในชุดที่ 2 มาใช้ระเหยน้ำจากน้ำอ้อยในหม้อต้มชุดที่ 3 ทำเช่นนี้ต่อไปเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงหม้อต้มลูกสุดท้าย ในหม้อต้มลูกสุดท้ายนี้จะนำไอน้ำที่ได้ส่งเข้าสู่หอควบแน่น(Condenser) ต่อไป

ขั้นตอนของกระบวนการต้มระเหยจะเริ่มขึ้นหลังจากน้ำอ้อยใสที่มีความเข้มข้น 12 - 15 บริกซ์ถูกสูบส่งเข้าหม้อต้มชุดที่ 1 และทางหม้อต้มชุดที่ 1 จะใช้ไอน้ำที่ได้จากกังหันไอน้ำซึ่งจะมีความร้อนประมาณ 150 $^{\circ}C$ มาระเหยน้ำในน้ำอ้อยใสให้กลายเป็นไอ จากนั้นนำไอที่ได้ไปให้ความร้อนน้ำอ้อยเพื่อระเหยน้ำในหม้อต้มชุดที่ 2 ไอน้ำส่วนหนึ่งจะถูกนำไปเพื่อใช้ระเหยน้ำที่ใช้ในกระบวนการเคี่ยวน้ำตาลและนำไปอุ่นน้ำอ้อยที่หม้ออุ่นน้ำอ้อย สำหรับไอที่ใช้ระเหยน้ำอ้อยที่หม้อต้มในชุดที่ 1 แล้วจะกลั่นตัวเป็นหยดน้ำที่เรียกว่าน้ำคอนเดนเสตจะถูกสูบส่งไปที่ถังเก็บน้ำร้อน เพื่อเตรียมสูบเข้าสู่หม้อไอน้ำต่อไป ส่วนไอน้ำที่เกิดขึ้นในหม้อต้มชุดที่ 2, 3, 4และหม้ออุ่นน้ำอ้อย เมื่อกลั่นตัวเป็นน้ำทั้งหมดจะถูกสูบลงไปที่หม้อเคี่ยวน้ำตาล เพื่อนำไปใช้พรมกากอ้อยที่ลูกหีบและใช้ละลายน้ำตาลของกระบวนการทำน้ำตาลรีไฟน์หรือน้ำตาลทรายขาวพร้อมทั้งใช้ในการเคี่ยวน้ำตาล น้ำอ้อยจะมีความเข้มข้นสูงขึ้นจาก 12 - 15 บริกซ์ จนถึงประมาณ 60 - 65 บริกซ์หรือประมาณ 30 - 35 องศาโบเม่ ซึ่งน้ำเชื่อมที่ได้ออกมาเรียกว่าน้ำเชื่อมดิบ จากนั้นจะถูกส่งไปสู่ขบวนการเคี่ยวน้ำตาลต่อไป



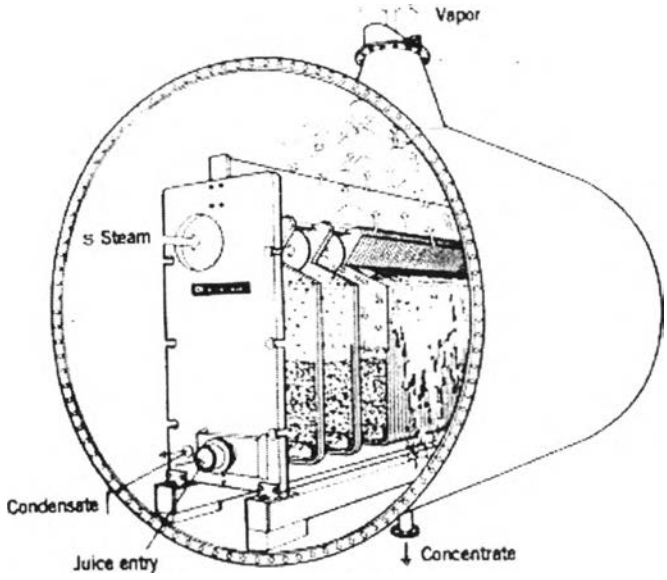
(ก.) ส่วนต่างๆของหม้อต้มระเหยน้ำตาล



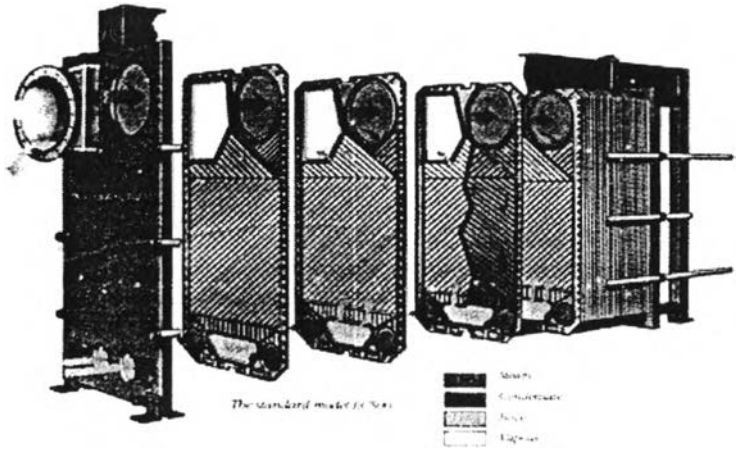
(ข.) รังผึ้ง(Half-Calandria)ของหม้อต้มระเหยน้ำตาล

รูปที่ 3.15 หม้อต้มระเหยน้ำตาล (Evaporator)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ก.) ลักษณะโดยทั่วไป



(ข.) การไหลผ่านของของไหล

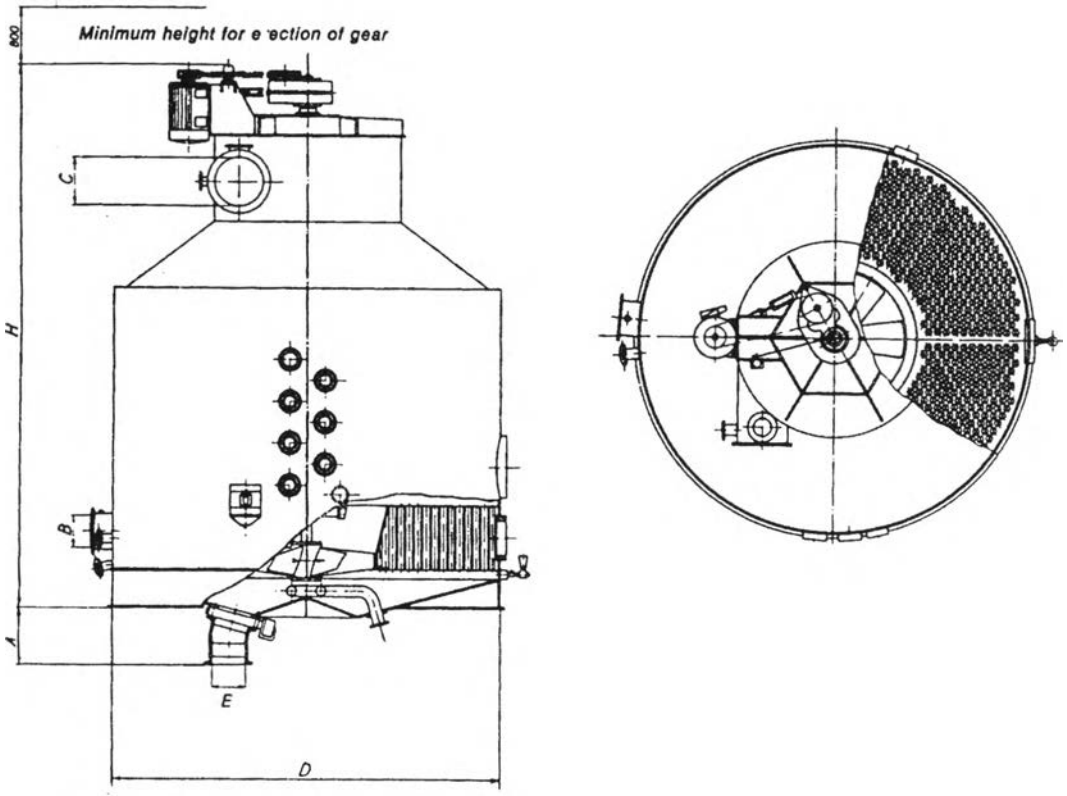
รูปที่ 3.16 หม้อระเหยน้ำอ้อยชนิดพื้นที่ถ่ายเทความร้อนแผ่น (Plate evaporator; Alfa-Laval)

- ขบวนการเคี่ยวน้ำตาล (Crystallization Process)

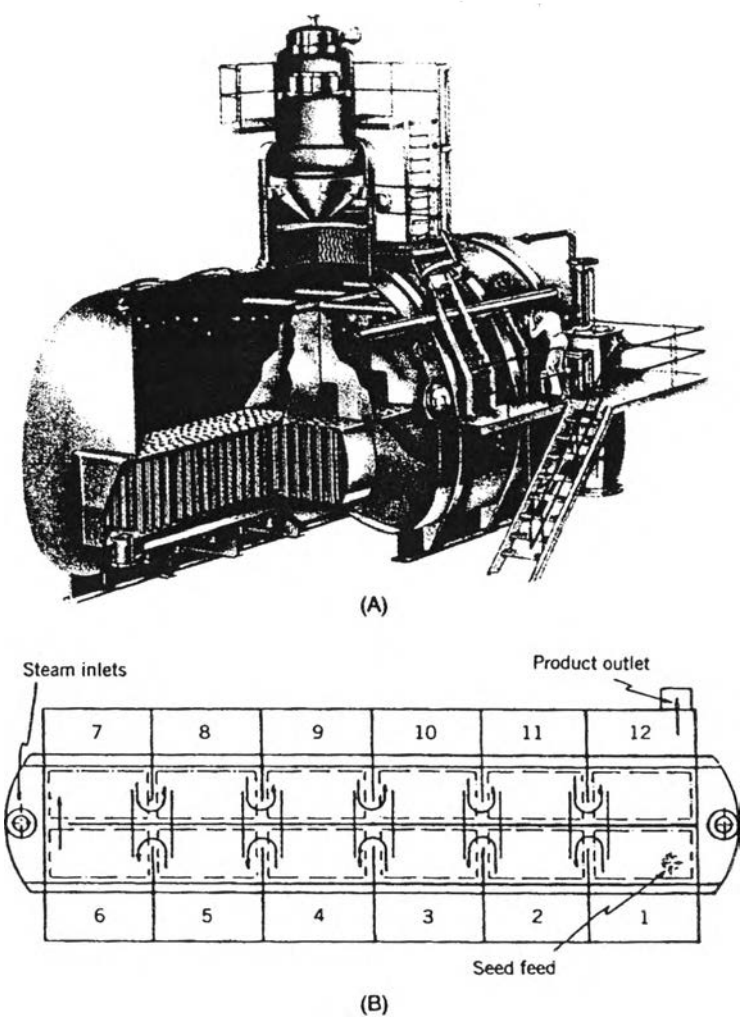
ขบวนการเคี่ยวน้ำตาล เป็นขบวนการตกผลึกของน้ำตาลเพื่อแยกสิ่งสกปรกที่ติดปนมากับน้ำเชื่อมหรือน้ำอ้อยในขั้นตอนของการเคี่ยวน้ำตาล การเคี่ยวน้ำตาลจะอาศัยการแลกเปลี่ยนความร้อนของไอน้ำที่ระเหยมาจากหม้อต้มชุดที่ 1 กับน้ำเชื่อมโดยผ่านผิวถ่ายเทความร้อนที่ทำด้วยท่อสแตนเลส และควบคุมอุณหภูมิของจุดเดือดของน้ำตาลให้ต่ำกว่าจุดเดือด ณ.ความดันบรรยากาศ กล่าวคือให้ภายในหม้อเคี่ยวมีสภาพเป็นสุญญากาศ โดยให้มีความดันสุญญากาศที่ 26 ถึง 28 นิ้วของปรอท จะทำให้จุดเดือดของน้ำตาลในหม้อเคี่ยวอยู่ที่ประมาณ 60 ถึง 65 $^{\circ}C$

โดยชนิดแรกเป็นการเคี่ยวน้ำตาลทรายดิบจะเป็นการเคี่ยวน้ำตาลทรายขาวและทรายขาวบริสุทธิ์ เมื่อหม้อต้มต้มน้ำเชื่อมได้ความเข้มข้นที่ตามต้องการ น้ำเชื่อมก็จะถูกส่งเข้าสู่กระบวนการเคี่ยวต่อไปการเคี่ยวครั้งแรก(หม้อเคี่ยว A) น้ำเชื่อมที่เข้าหม้อเคี่ยวจะถูกระเหยน้ำจนน้ำเชื่อมถึงจุดอิ่มตัวที่น้ำเชื่อมจะตกทรายก็จะส่งเชื้อ(Seed Magma) เข้าเพื่อเลี้ยงผลึกให้โตขึ้นและจะเลี้ยงผลึกจนได้ขนาดเม็ดที่ต้องการซึ่งจะมีความเข้มข้นประมาณ 92 - 93 บริกซ์ สิ่งที่ได้ในกระบวนการนี้เรียกว่าน้ำตาลเอหรือเอ-แมสควิท (A-Massecuite) ซึ่งในแมสค-วิทจะประกอบไปด้วยน้ำเลี้ยงผลึก (Mother Liquor)และผลึกน้ำตาล จากนั้นจะนำแมสควิทลงพักในรางกวน (Crystallizer) เพื่อปั่นแยกน้ำตาลและน้ำเลี้ยงผลึกออกจากกัน ของแหลวที่แยกออกมาจากแยกปั่นแล้วเรียกว่า กากน้ำตาล (Molasses) และผลึกที่แยกออกมาได้นั้นจัดเป็นน้ำตาลที่มีความหวานสูงซึ่งจะนำเข้าสู่ระบบน้ำตาลทรายขาวต่อไป กากน้ำตาลที่ได้นี้ ยังมีน้ำตาลที่สามารถนำมาทำให้ตกผลึกได้อีก จึงถูกส่งเข้าสู่ระบบการเคี่ยว เพื่อเคี่ยวน้ำตาลทรายบีหรือบี-แมสควิท (B-Massecuite) การเคี่ยวน้ำตาลทรายบี ครั้งแรกจะนำน้ำเชื่อมส่งเข้าหม้อเคี่ยวก่อน เพื่อระเหยน้ำจนถึงจุดอิ่มตัว เมื่องวดแล้วจะได้จะนำเชื้อ (Seed magma) ส่งเข้าหม้อเคี่ยวจากนั้นเลี้ยงด้วยน้ำเหลืองเอ (A-Molasses) จนได้ขนาดเม็ดตามต้องการ จนได้ความเข้มข้นประมาณ 93-94 บริกซ์จึงปล่อยลงพักในรางกวนเพื่อเตรียมปั่นแยกเม็ดน้ำตาลและน้ำเหลืองออกจากกัน น้ำตาลที่ได้ออกมาจัดเป็นน้ำตาลดิบที่ส่งขายต่างประเทศต่อไป และกรณีของน้ำเหลืองที่ได้ยังสามารถที่จะนำมาทำให้ตกผลึกได้อีก ซึ่งจะนำมาใช้เคี่ยวน้ำตาลให้เป็นน้ำตาลซี (C-Massecuite) การเคี่ยวน้ำตาลซีหรือน้ำตาลเกรดต่ำ ซึ่งเป็นการเคี่ยวในขั้นสุดท้าย ในขั้นตอนนี้จะต้องหาวิธีที่จะทำให้น้ำตาลตกผลึกมากที่สุดเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ ในขั้นตอนการเคี่ยวนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ในตอนแรกจะเคี่ยวเป็นเชื้อ (Seed) ก่อน โดยนำน้ำเชื่อมที่ส่งมาจากหม้อต้มเคี่ยวจนได้น้ำเชื่อมที่มีจุดอิ่มตัวให้งวด หลังจากนั้นจะนำน้ำตาลบดละเอียดใส่เข้าในหม้อเคี่ยวใช้เป็นเชื้อ จากนั้นจะเลี้ยงต่อด้วยน้ำเหลืองเอ จนได้ระดับที่กำหนดไว้ (การเคี่ยวน้ำตาลในช่วงนี้เรียกว่าการเคี่ยวเชื้อซี) จะทำการแบ่งออกเป็น 2 - 3 ส่วน เข้าหม้อเคี่ยวเพื่อเคี่ยวน้ำตาลซีหรือซี-แมสควิท (C-Massecite) ต่อไปหลังจากที่ได้แบ่งเชื้อน้ำ

ตาลซีเข้าหม้อเคี่ยวเรียบร้อยก็จะนำน้ำเหลืองบีเลี้ยงผลึกต่อจนได้ระดับและความเข้มข้นประมาณ 97 - 98 บริกซ์ตามที่ต้องการจะปล่อยน้ำตาลซี ลงพักในรางกวนเป็นระยะเวลาประมาณ 24 - 36 ชั่วโมง จึงนำมาปั่นแยกผลึกของน้ำตาลในหม้อปั่น(Centrifugal) ผลึกน้ำตาลที่ได้จะนำมาเป็นเชื้อของน้ำตาลเอและน้ำตาลบี (Seed magma) สำหรับกากน้ำตาลที่ได้ในครั้งนี้เรียกว่า Final molasses หรือ กากสุดท้าย จะถูกส่งไปเก็บไว้ในถังพักเพื่อเตรียมส่งจำหน่ายต่อไป



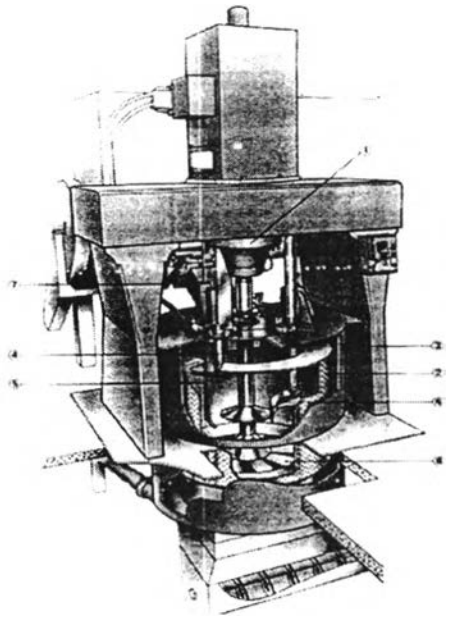
รูปที่ 3.17 หม้อเคี่ยวน้ำตาลและพื้นที่ถ่ายเทความร้อย (Vacuum Pan & Calandria Pans)



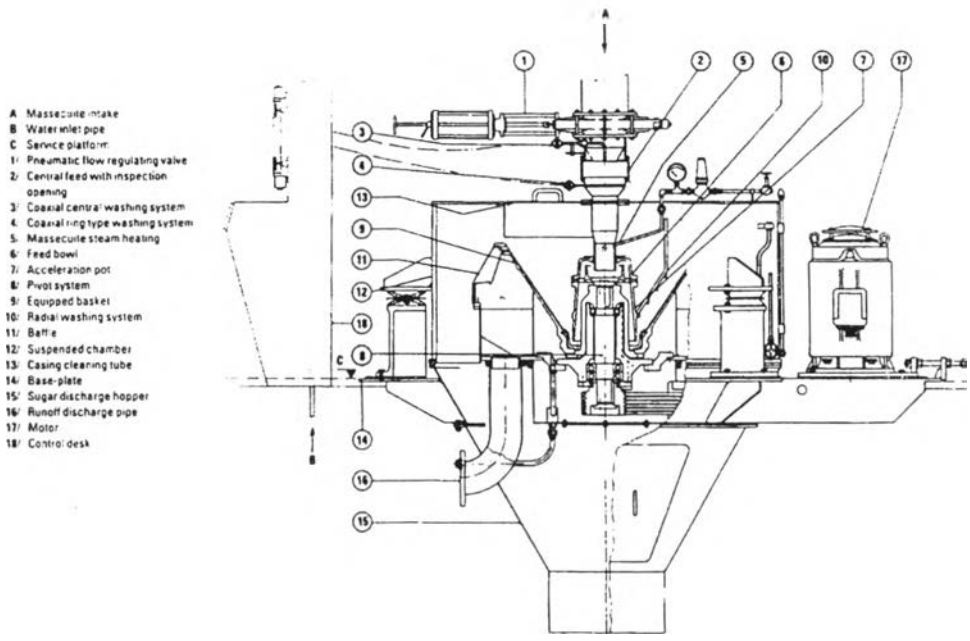
รูปที่ 3.18 Fletcher Smith (FS) continuous pan.

(A) Cut-open view;

(B) Massecuite flow path.



รูปที่ 3.19 Centrifugal (Batch-type)



รูปที่ 3.20 Continuous Centrifugal

4. ขั้นตอนการทำน้ำตาลขาวบริสุทธิ์ (การฟอกสีน้ำตาล)

การทำน้ำตาลทรายขาวจะนำน้ำตาลทรายดิบถูกผสมน้ำร้อนให้เป็นน้ำเชื่อมร้อนที่มีความเข้มข้นสูง เพื่อที่จะเอาแผ่นฟิล์มของน้ำตาล (Molasses films) รอบๆผลึกน้ำตาลออกมา หลังจากนั้น น้ำเชื่อมที่ถูกผสมหรือเรียกว่าแมคม่า (Magma) จะถูกส่งเข้าหม้อปั่น (Centrifuge machine) โดยที่ผลึกน้ำตาลจะถูกล้างโดยน้ำร้อน โดยที่น้ำตาลในหม้อปั่นจะไม่ละลายหรือผสมกับน้ำร้อน หลังจากนั้นนำไปฟอกสีด้วยปฏิกิริยาคาร์บอเนต ซึ่งเป็นการทำปฏิกิริยาระหว่าง Milk of lime คาร์บอนไดออกไซด์และสารแขวนลอย ซึ่ง Precipitated โดยสารละลายคาร์บอเนต จะถูกแยกออกมาโดย Rotary pressure leaf filters ของเหลวที่ผ่านการกรองจะถูกส่งไปยังกระบวนการลดสี จากนั้นจะถูกส่งไปในหม้อเคี่ยวเพื่อทำให้เป็นผลึก หลังจากนั้นก็จะใส่ผงผลึกน้ำตาลเพื่อเป็นแกนกลางของน้ำตาลทำให้เกิดผลึกของน้ำตาล

3.3 การแบ่งกลุ่มโรงงานน้ำตาล

โรงงานน้ำตาลในประเทศไทยมีอยู่ด้วยกัน 46 โรงงาน(ภาคผนวก ก.) ขนาดของโรงงานจะอยู่ในช่วงกำลังการผลิตระหว่าง 1,500 - 40,000 ตันต่อวัน ดังแสดงไว้ในรูปที่ 1 การศึกษาในวิทยานิพนธ์นี้จะแบ่งโรงงานออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

- กลุ่มโรงงานน้ำตาลขนาดเล็ก มีกำลังการผลิตต่ำกว่า 8,000 ตันต่อวัน
- กลุ่มโรงงานน้ำตาลขนาดกลาง มีกำลังการผลิตอยู่ในช่วง 8,000 - 15,000 ตันต่อวัน
- กลุ่มโรงงานน้ำตาลขนาดใหญ่ มีกำลังการผลิตสูงกว่า 15,000 ตันต่อวัน

ในการคัดเลือกโรงงานเพื่อทำการศึกษาจะคัดเลือกโรงงานกลุ่มละ 1 โรงงาน ซึ่งจะใช้เป็นตัวแทนของกลุ่มโรงงาน (ภาคผนวก ก.)