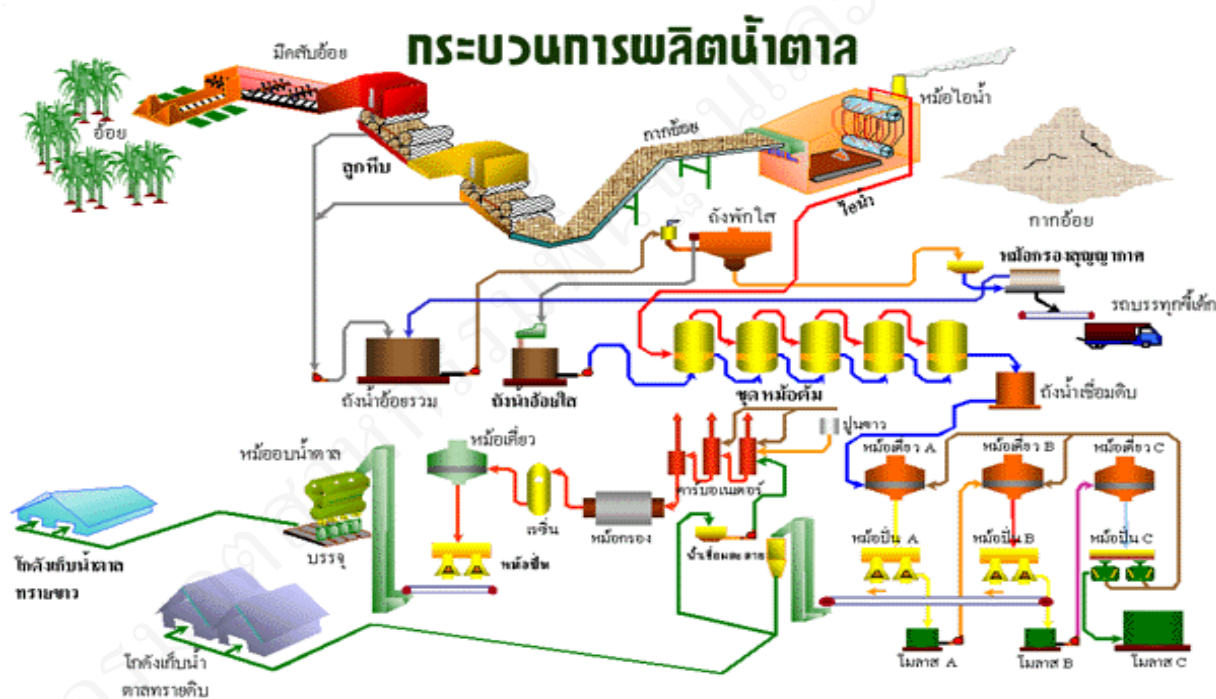


## Logistics และ Supply Chain กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำตาลในประเทศไทย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย รัตณรงค์

การเก็บเกี่ยวอ้อยในประเทศไทยมีการใช้เครื่องจักรน้อย แม้ว่าจะมีประสิทธิภาพการทำงานได้สูงกว่า เนื่องจากยังมีข้อเสียคือมีเศษดินติดไปกับส่วนโคนอ้อย โดยเฉพาะเมื่อตัดในขณะที่ดินเปียกอยู่ เครื่องตัดมักจะถอนอ้อยติดขึ้นไปทั้งกอ ทำให้สิ่งสกปรกติดไปด้วย ส่งผลให้ค่าพิวริตี้ (Purity) ของน้ำตาลต่ำ ดินและสิ่งสกปรกที่ติดมากับอ้อยทำให้เครื่องจักรกลในกระบวนการสกัดน้ำตาลสึกหรอ อาจจะต้องมีการหยุดเครื่องจักรกลางคัน ทำให้ทางโรงงานเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น อ้อยที่ตัดแล้วต้องรีบส่งเข้าโรงงานทันที อ้อยที่ค้างอยู่จะเสียทั้งน้ำหนักและคุณภาพตามระยะเวลาที่ค้างและเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผลผลิตน้ำตาลต่ำ การค้างอ้อยอาจจะเกิดขึ้นในไร่หรือบนรถบรรทุกที่ติดคิวหน้าโรงงาน ดังนั้นอาจจะป้องกันความเสียหายได้โดยการประสานงานและร่วมมือระหว่างชาวไร่อ้อยและโรงงานร่วมกันวางแผนการส่งอ้อย จะสามารถลดคิวหน้าโรงงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โรงงานบางโรงขณะนี้ลงไปช่วยชาวไร่อ้อยไม่ว่าจะเป็นปลูก คัดเลือกสายพันธุ์ การอบรมให้ความรู้และอื่นๆ กระบวนการสร้างพันธมิตรอย่างนี้ทำให้ธุรกิจมีความยั่งยืนเราเรียกได้ว่าเป็น Supply Chain หลังจากนั้นชาวไร่จะนำส่งอ้อยป้อนเข้าสู่โรงงานเพื่อนำไปสู่การผลิต ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กระบวนการผลิตน้ำตาล

### กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

ขั้นตอนการเตรียมอ้อยป้อนลูกหีบเป็นจุดสำคัญอันดับแรกของขบวนการผลิตน้ำตาลทรายจะต้องดูแลใกล้ชิดเพราะเป็นจุดที่ช่วยสกัดน้ำอ้อยหรือน้ำตาลออกจากจากอ้อยได้มากที่สุด โดยการแปรรูปอ้อยให้อยู่ในสภาพที่ซุดลูกหีบสามารถสกัดน้ำอ้อยหรือน้ำตาลจากอ้อยได้อย่างสะดวกราบรื่นและอย่างมีประสิทธิภาพสูง ชาวไร่จะได้เงินมากเงินน้อยอยู่ในขั้นตอนนี้เนื่องจากโรงงานจะวัดค่าความหวานหรือปริมาณน้ำตาลที่มีอยู่ใน

อ้อย (Commercial Cane Sugar: CCS) สำหรับการผลิตน้ำตาลทรายดิบจะใช้อ้อยเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต ประกอบด้วยขั้นตอนการผลิต 5 ขั้นตอน ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ



1. การหีบสกัดน้ำอ้อย (Mill) ในขั้นตอนนี้มีลักษณะเป็นฝอยหรือเป็นเส้นยาวละเอียดพอควร การเตรียมอ้อยป้อนชุดลูกหีบจะมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับที่ดี ถ้าเซลล์อ้อยถูกทำลายให้แตกได้ประมาณร้อยละ 80-85 เครื่องมือที่ใช้สกัดน้ำอ้อยโดยทั่วไป ได้แก่ ชุดลูกหีบล้วนๆ แต่บางโรงงานอาจใช้เครื่องสกัดน้ำอ้อยแบบใหม่ เรียกว่า ดิฟฟิวเซอร์ (Diffuser) แต่โรงงานน้ำตาลทั่วไปยังนิยมใช้ชุดลูกหีบล้วนๆ ซึ่งติดตั้งเป็นแถวต่อเนื่องกัน แถวหนึ่งอาจประกอบด้วยชุดลูกหีบ 4-5

หรือมากกว่า ลูกหีบชุดหนึ่งๆ ใช้ลูกกลิ้ง 3 ลูก เพื่อช่วยจับยึดอ้อยที่ป้อนเข้ามาและคายออกไป และช่วยสกัดน้ำอ้อยระบายลงรางรับน้ำอ้อย

2. การเพิ่มอุณหภูมิและทำใส (Clarification) จากการสกัดน้ำอ้อยจะได้ น้ำอ้อยที่เรียกว่า น้ำอ้อยรวม เหตุผลที่จะต้องแยกเอาผงกากอ้อยออกจากน้ำอ้อยก่อนนำไปเข้ากรรมวิธีทำให้ใส คือป้องกันไม่ให้เกิดสีของน้ำอ้อยเพิ่มขึ้นขณะผสมกับน้ำปูนขาวเพราะในกากอ้อยมีสารแซคคาเรติน เมื่อสัมผัสกับด่างหรือน้ำปูนขาวจะละลายออกมาในน้ำอ้อยและทำปฏิกิริยากับเหล็กเกิดสีคล้ำขึ้น การป้องกันระดับความเป็นกรดต่าง (pH) ของน้ำอ้อยหลังจากการผสมกับน้ำปูนขาวและผ่านหม้อทำน้ำร้อน ก่อนเข้าถังพักใส่น้ำอ้อยมิให้ pH ลดลง ซึ่งถ้าระดับความเป็นกรดต่างของน้ำอ้อยในถังพักใสเปลี่ยนแปลงจากระดับที่กำหนดไว้ จะทำให้ตะกอนสิ่งบริสุทธิ์ที่แยกตัวจากน้ำอ้อยกลับละลายตัวได้อีก ทั้งนี้เพราะผงกากอ้อยมีน้ำอ้อยที่ติดค้างอยู่ ทำให้มีเกลือฟอสเฟตซึ่งมีฤทธิ์เป็นกรดอยู่ด้วยจะละลายออกมา เมื่อถูกความร้อนสูงถึงจุดเดือดของน้ำอ้อย เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดสีของน้ำอ้อยติดเข้าไปเป็นส่วนประกอบของตะกอนในเครื่องมือผลิตที่ใช้ความร้อน เช่น ชุดหม้อต้ม และหม้อเคี่ยว เป็นต้น การมีผงกากอ้อยเข้าไปเป็นส่วนประกอบของตะกอน ย่อมทำให้ตะกอนนั้นมีสมบัติเป็นฉนวนความร้อนยิ่งขึ้น จึงเป็นเหตุให้สิ้นเปลืองพลังงานความร้อนและกำลังการผลิตตกต่ำลง การแยกผงกากอ้อยออกจากน้ำอ้อยจะช่วยแยกฟองอากาศ มีผลทำให้การตกตะกอนช้าลงหรือไม่ตกเลย หน่วยงานที่ทำหน้าที่สกัดน้ำอ้อยนี้จำเป็นต้องมีการดูแลรักษาความสะอาดอย่างใกล้ชิดไม่ให้มีจุลินทรีย์ซึ่งเป็นต้นเหตุให้เกิดการสูญเสียคุณภาพของน้ำอ้อย ส่วนกากอ้อยที่ผ่านจากลูกหีบชุดสุดท้ายจะถูกป้อนเป็นเชื้อเพลิงให้กับเตาหม้อน้ำ โดยมีการควบคุมคุณภาพกากอ้อยที่ออกจากลูกหีบชุดสุดท้ายไม่ให้ความชื้นเกินร้อยละ 4 ทั้งนี้เพราะการทำให้ความชื้นกากอ้อยต่ำทำให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเตาหม้อน้ำสูงขึ้น

3. การต้มระเหยน้ำอ้อย (Evaporation) น้ำอ้อยรวมที่ผ่านตะแกรงแยกผงกากอ้อย จะถูกผ่านกรรมวิธีแยกสิ่งสกปรกออกมา เทคโนโลยีที่ใช้ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแบบต่างๆ กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ จะใช้กรรมวิธีแยกสิ่งไม่บริสุทธิ์ออกด้วยการทำให้ตกตะกอน ซึ่งในที่นี้จะอาศัยปฏิกิริยาทางเคมีและฟิสิกส์โดยไม่มุ่งหวังการฟอกสีโดยตรง เริ่มด้วยการผ่านน้ำอ้อยเข้าหม้ออุ่นน้ำอ้อยให้มีอุณหภูมิประมาณ 55 องศาเซลเซียส ที่ไม่ใช่อุณหภูมิสูงก็เพื่อลดสีที่เกิดขึ้นจากการสลายตัวของน้ำตาลในน้ำอ้อย น้ำอ้อยอุ่นจะเข้าผสมกับน้ำปูนขาวซึ่งใช้ความเข้มข้นของปูนขาวอยู่ในช่วง 46 - 84 กรัมต่อลิตร การผสมไม่ควรใช้เวลานานเกิน 3 นาที เพราะถ้านานกว่านี้อาจทำให้เกิดสีได้ หรือเกิดปฏิกิริยาทำให้ได้สารอื่นขึ้นมาเพิ่มเติมและทำให้มีกากน้ำตาลมากขึ้น โดยทั่วไปแล้วจะมีการนำตัวอย่างน้ำอ้อยจากหีบทดลองมาผสมกับน้ำปูนขาวให้ได้ระดับ pH ตามที่กำหนดไว้ แล้วจึงส่งผ่านเข้าหม้อต้มน้ำอ้อยให้เดือด (อุณหภูมิประมาณ 102 - 105 องศาเซลเซียส) แล้วนำไปผสมกับสารรวมตะกอน แล้วผ่านเข้าถังระบายไอ (Flash Tank) เพื่อแยกไอหรือฟองอากาศหรือก๊าซที่มีอยู่ในน้ำอ้อย ไม่ให้ไปติดรบกวนกับการตกตะกอนในถังตกตะกอน กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายขาว จะทำให้น้ำอ้อยบริสุทธิ์ได้โดยการเพิ่มเติมกรรมวิธีฟอกสีน้ำอ้อย โดยการฟอกสีน้ำอ้อยด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ซึ่งได้จากเตาเผากำมะถัน หรือใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากฟลูวีก๊าซ (Flue Gas คือไอเสียที่ออกมาตามปล่องไฟ เป็นก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้ของน้ำมันและอากาศ อาจมีความร้อนหลงเหลืออยู่บ้าง) ในปล่องเตาหม้อน้ำโดยให้ผ่านเครื่องฟอกก๊าซ เพื่อแยกผงถ้ำและเขม่าออกก่อน ทั้งสองวิธีนี้ยังคงใช้ปูนขาวและความร้อนในการทำน้ำอ้อยให้บริสุทธิ์

4. การเคี้ยว (Crystallization) น้ำเชื่อมที่ได้จากชุดหม้อต้มจะส่งเข้าไปถึงพัก ในการผลิตน้ำตาลทรายดิบโดยทั่วไปน้ำเชื่อมจะถูกป้อนเข้าหม้อเคี้ยวโดยตรง ยกเว้นในกรณีที่ต้องการน้ำตาลทรายดิบคุณภาพสูงและเพื่อเพิ่มความสะอาดในการเคี้ยวและปั่นแยกเม็दन้ำตาล จะมีการทำน้ำเชื่อมให้บริสุทธิ์เฉพาะ การแยกสารไม่บริสุทธิ์จำพวกสารของแข็งแขวนลอย ซึ่งเป็นต้นเหตุให้น้ำเชื่อมขุ่นมัวและมีความหนืดสูง น้ำเชื่อมที่ได้จากการต้มจะถูกนำเข้า



หม้อเคี้ยวระบบสูญญากาศ (Vacuum Pan) เพื่อระเหยน้ำออกจนน้ำเชื่อมถึงจุดอิ่มตัว ที่จุดนี้ผลึกน้ำตาลจะเกิดขึ้นมา โดยที่ผลึกน้ำตาลและกากน้ำตาลที่ได้จากการเคี้ยวนี้รวมเรียกว่า เมสคิท (Messequite)

5. การปั่นแยกผลึกน้ำตาล (Centrifuging) เมสคิทที่ได้จากการเคี้ยวจะถูกนำไปปั่นแยกผลึกน้ำตาลออกจากกากน้ำตาล โดยใช้เครื่องปั่น (Centrifugals) การแยกเม็दन้ำตาลอาศัยการทำงานของหม้อปั่นน้ำตาลซึ่งมีหลายแบบหลายชนิด โดยทั่วไปหม้อปั่นน้ำตาลมักจะทำด้วยเหล็กอ่อนหรือเหล็กกล้าหรือโลหะผสมนิกเกิลหรือเหล็กกล้าไร้สนิม มีรูที่ข้างหม้อเป็นแถวสำหรับระบายกากน้ำตาลขณะหม้อปั่นทำงาน โดยกากน้ำตาลจะแยกตัวจากเมสคิทด้วยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ทั้งเม็दन้ำตาลให้ค้างบนตะแกรงหม้อปั่นแล้วลอดผ่านแผ่นโครงรองรับตะแกรงซึ่งอยู่ระหว่างแผ่นตะแกรงกับผนังด้านข้างของตัวหม้อปั่นออกไปปะทะกับถังหุ้มหม้อปั่น รวมตัวกันไหลออกจากช่องระบายกากน้ำตาลหลังหม้อปั่น การล้างเม็दन้ำตาลและการลำเลียงเม็दन้ำตาลทรายออกจากหม้อปั่นแตกต่างกันตามชนิดของน้ำตาลทราย (น้ำตาลทรายเอบีหรือซี) ผลึกน้ำตาลที่ได้นี้จะเป็นน้ำตาลทรายดิบ น้ำตาลดิบที่ได้จะถูกนำไปจัดเก็บในที่จัดเก็บ เพื่อจำหน่ายหรือทำน้ำตาลทรายขาวและน้ำตาลรีไฟน์ต่อไป

## กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายขาว

การผลิตน้ำตาลทรายขาวโดยใช้น้ำตาลทรายดิบเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต ประกอบด้วยขั้นตอนการผลิต 5 ขั้นตอนการผลิตเช่นเดียวกัน ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายขาวและน้ำตาลรีไฟน์

1. การปั่นละลาย (Affinated Centrifugaling) นำน้ำตาลทรายดิบมาผสมกับน้ำร้อน หรือน้ำเหลืองจากการปั่นละลาย (Green Molasses) น้ำตาลทรายดิบที่ผสมนี้เรียกว่า แมกมา (Magma) และแมกมานี้จะถูกนำไปปั่นละลายเพื่อล้างคราบน้ำเหลือง หรือกากน้ำตาลออก

2. การทำความสะอาดและฟอกสี (Clarification) น้ำเชื่อมที่ได้จากหม้อปั่นละลาย (Affinated Syrup) จะถูกนำไปละลายอีกครั้งเพื่อละลายผลึกน้ำตาลบางส่วนที่ยังละลายไม่หมดจากการปั่น และผ่านตะแกรงกรองเข้าผสมกับปูนขาว เข้าฟอกสีโดยผ่านเข้าไปในหม้อฟอก (ปัจจุบันนิยมใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวฟอก) จากนั้นจะผ่านเข้าสู่การกรองโดยหม้อกรองแบบใช้แรงดัน (Pressure Filter) เพื่อแยกตะกอนออก และน้ำเชื่อมที่ได้จะผ่านไปฟอกเป็นครั้งสุดท้ายโดยกระบวนการแลกเปลี่ยนประจุ (Ion Exchange Resin) จะได้น้ำเชื่อมรีไฟน์ (Refine Liquor)

3. การเคี้ยว (Crystallization) น้ำเชื่อมรีไฟน์ที่ได้จะถูกนำเข้าไปหม้อเคี้ยวระบบสูญญากาศ (Vacuum Pan) เพื่อระเหยน้ำออกจนน้ำเชื่อมถึงจุดอิ่มตัว

4. การปั่นแยกผลึกน้ำตาล (Centrifugation) แมสคิทที่ได้จากการเคี้ยวจะถูกนำไปปั่นแยกผลึกน้ำตาลออกจากกากน้ำตาล โดยใช้เครื่องปั่น (Centrifugals) ผลึกน้ำตาลที่ได้จะเป็นน้ำตาลรีไฟน์และน้ำตาลทรายขาว

5. การอบ (Drying) ผลึกน้ำตาลรีไฟน์ และน้ำตาลทรายขาวที่ได้จากการปั่นก็จะเข้าหม้ออบ (Dryer) เพื่อไล่ความชื้นออก แล้วบรรจุกระสอบเพื่อจำหน่าย

โรงงานน้ำตาลโดยทั่วไปมีขั้นตอนกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ น้ำตาลทรายขาวและน้ำตาลรีไฟน์ที่คล้ายคลึงกัน แต่แตกต่างกันที่ชนิดของเครื่องจักร จำนวนของเครื่องจักร และเทคโนโลยีของเครื่องจักร ซึ่งทำให้ได้ความสามารถในการผลิต (Productivity) ระยะเวลา พลังงานและทรัพยากรที่แตกต่างกัน ดังนั้นในขั้นตอนกระบวนการผลิต โรงงานหลายโรงงานได้พยายามศึกษาถึงต้นทุนของค่าการผลิต ต้นทุนค่าขนส่งและต้นทุนค่าบริหารจัดการ และรวมถึงการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตในแต่ละขั้นตอน โดยให้สามารถวัดเวลาและประสิทธิภาพในแต่ละขั้นตอนของการผลิตให้ได้เพื่อนำมาใช้เป็นเครื่องชี้วัด สิ่งนี้เป็นหัวใจของกิจกรรมโลจิสติกส์ นอกจากนี้ยังมีส่วนของการผลิตที่เป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้ และกระบวนการส่งออกของโรงงานน้ำตาลซึ่งผู้เขียนคงสรุปให้ในครั้งหน้าต่อไป สิ่งที่สำคัญของ Logistics และ Supply Chain ไม่จำเป็นจะต้องเป็นอ้อยเท่านั้น ไม่จำเป็น ข้าว ยางพารา และอื่นๆเช่นกันที่สามารถพัฒนา Supply Chain ให้เข้มแข็งได้