บทที่ 3

กระบวนการผลิตน้ำตาลทราย

น้ำตาลทรายคือน้ำตาลซูโครส (Sucrose) ซึ่งแยกได้จากหม้อปั่นน้ำตาล (Centrifuge) จัดเป็นน้ำตาลประเภทน้ำตาลปั่น (Centrifugal Sugar) วัตถุดิบซึ่งใช้ในการผลิตน้ำตาลทรายหรือน้ำตาลซูโครส ได้แก่อ้อย (Sugar Cane) หัวผักกาดหวาน (Beet roots) ข้าวฟ่างหวาน หรือที่เรียกว่าข้าวสุมทรโคดม (Sweet sorghum) ในปัจจุบันน้ำตาลส่วนใหญ่ที่ผลิตออกมาเพื่อสนองความต้องการของประชากรในโลกมาจากอ้อยและหัวผักกาดหวาน น้ำตาลทรายซึ่งผลิตจากโรงงานอุตสาหกรรมนั้นแบ่งออกได้หลายประเภท เช่น น้ำตาลทรายดิบ (Raw sugar) น้ำตาลทรายสีรำ (Brown sugar) น้ำตาลทรายขาว (Plantation white sugar) และน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ (Refined sugar) เป็นต้น การผลิตน้ำตาลทรายแต่ละประเภทดังกล่าวจะใช้กระบวนการผลิตที่ต่างกัน นอกจากนั้นการผลิตน้ำตาลทรายประเภทเดียวกันก็ยังอาจใช้กระบวนการผลิตที่แตกต่างกันออกไปอีก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขีดขั้นความสามารถตลอดจนความเหมาะสมของแต่ละโรงงานซึ่งไม่เหมือนกัน

โดยที่ประเทศไทยอยู่ในเขตร้อน ดินฟ้าอากาศเหมาะแก่การปลูกอ้อยมากกว่าผักกาดหวานหรือวัตถุดิบอื่นที่ใช้ในการผลิตน้ำตาลทราย ดังนั้นการผลิตน้ำตาลทรายจึงอาศัยอ้อยเป็นวัตถุดิบ ปกติโรงงานน้ำตาลทรายแบ่งหน่วยงานในกระบวนการผลิตออกเป็นส่วนต่าง ๆ ซึ่งมีความสำคัญและสัมพันธ์ต่อเนื่องกันดังนี้

1. หน่วยชั่งอ้อย (Scale House)
2. หน่วยขนถ่ายอ้อย (Cane Handling Station)
3. หน่วยหีบอ้อย (Milling Station)
4. หน่วยทำความบริสุทธิ์ (Purifying Station)
5. หน่วยต้มเคี่ยว (Boiling Station)
6. หน่วยตกผลึก (Crystalling Station)
7. หน่วยแยกน้ำตาลทราย (Curing Station)

8. หน่วยอบและบรรจุน้ำตาลทราย (Sugar Drying And Packing Station)
9. หน่วยเก็บรักษาน้ำตาลทราย (Holding Sugar Bins and Sugar Warehouses)
10. หน่วยพลังงานและกำเนิดไอน้ำ (Power and Steam Generating Station)
11. หน่วยวิเคราะห์ควบคุมการผลิต (Control Laboratory)
12. หน่วยซ่อมบำรุงอุปกรณ์เครื่องจักรกล (Maintenance and Work Shop)

กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายอาศัยหน่วยงานดังกล่าวข้างต้นเป็นหลัก แต่การผลิตน้ำตาลทรายบางชนิดอาจตัดทอนหรือข้ามหน่วยงานบางหน่วย และในทางกลับกัน การผลิตน้ำตาลทรายบางชนิดอาจต้องเพิ่มเติมหน่วยงานหรืออุปกรณ์เครื่องใช้บางอย่างเข้าไปในกระบวนการผลิต ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป

1. <u>กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ</u>

น้ำตาลทรายดิบเป็นน้ำตาลที่มีผลึกเป็นสีน้ำตาลเข้ม มีความชื้นสูงเนื่องจากผลึกถูกห่อหุ้มไปด้วยกากน้ำตาล (Molasses) เป็นจำนวนมากด้วยเหตุนี้จึงมีความบริสุทธิ์ต่ำ นอกจากนี้การผลิตน้ำตาลทรายดิบมิได้ผ่านกรรมวิธีการฟอกสี ซึ่งจะทำให้น้ำตาลทรายมีความบริสุทธิ์สูงขึ้น น้ำตาลทรายดิบที่ดีควรมีลักษณะดังนี้

ความชื้น (Moisture)	ต่ำกว่า	0.6 %
โพล (Pol)	ระหว่าง	97.2° - 97.9°
น้ำตาลอินเวอร์ท[1] (Invert or Reducing Sugar)	ต่ำกว่า	0.6 %
เถ้าซัลเฟต[2] (Sulfated Ash)	"	0.4 %
อินทรีย์สารซึ่งมิใช่น้ำตาล (Organic Non-Sugar)	"	0.7 %

---

1 เป็นสารผสมในอัตราส่วนที่เท่ากันของน้ำตาลสองชนิดคือ น้ำตาล Fructose กับน้ำตาล Glucose ซึ่งเกิดจากการแยกสลายตัวของน้ำตาล Sucrose กับน้ำ ความหวานของน้ำตาลอินเวอร์ทมีมากกว่าน้ำตาล Sucrose จึงนิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารที่ปรุงแต่งด้วยรสหวาน

2 ซัลเฟตในรูปของอินทรีย์สารที่เหลือภายหลังจากการเผา (incineration) อินทรีย์สารทั้งหมดหรืออาจหาได้โดยวิธีวัดค่าความนำไฟฟ้าของสารละลาย

ค่าสี (Color Value) ต่ำกว่า 35° St [3]
น้ำตาลทรายดิบซึ่งมีลักษณะเช่นนี้จะผลิตเป็นน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ (Rendment)[4]
สูงกว่า 94 %

กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบใช้กรรมวิธีทำน้ำอ้อยให้ใสสะอาดด้วยปฏิกิริยาตกตะกอนและเรียกกระบวนการเช่นนี้ว่า Defecation process ซึ่งมีวิธีการปฏิบัติเป็นขั้นตอนดังนี้

1. <u>การขนถ่ายอ้อย</u> (Cane transportation and unloading อ้อยที่จะลำเลียงเข้าหีบในโรงงานควรจะเป็นอ้อยที่แก่ได้ที่ ตัดจากไร่มาใหม่ ๆ เพื่อจะได้อ้อยที่มีปริมาณน้ำตาลสูง อ้อยแต่ละพันธุ์จะมีอายุการตัดไม่เท่ากันเช่นพันธุ์ NCO. 310 มีอายุการตัด 9-11 เดือน พันธุ์ F.148 มีอายุการตัด 12 เดือน พันธุ์ POJ. 2878 มีอายุการตัด 12-15 เดือน เป็นต้น ดังนั้นการตัดอ้อยจึงต้องจัดลำดับการตัดให้เหมาะสม โดยคำนึงถึงพันธุ์อ้อย คุณภาพอ้อย และอายุการตัด เพื่อที่จะให้โรงงานได้วัตถุดิบซึ่งมีคุณภาพสูง เพื่อให้เกิดประโยชน์มากที่สุดในด้านการผลิต วิธีปฏิบัติเพื่อให้เกิดความแน่นอนในเรื่องนี้ยิ่งขึ้นคือ ควรทำการวิเคราะห์ตรวจสอบปริมาณน้ำตาลในอ้อยก่อนที่จะสั่งตัดเข้าหีบ ซึ่งอาจจะกระทำได้โดยอาศัยการวิเคราะห์ความชื้นของกาบใบหรือวิเคราะห์ค่า "ซี ซี เอส" ของอ้อยนั้น ๆ

การขนส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงานอาจใช้รถบรรทุก รถไฟเล็ก รถลากจูง หรือพาหนะอื่น ๆ ที่เหมาะสม อ้อยที่ลำเลียงมาถึงโรงงานจะพักไว้ที่ลานพักอ้อย (Cane Yard) เพื่อทำการชั่งบันทึกน้ำอ้อย เครื่องชั่งอาจใช้หลายขนาด เช่นเครื่องชั่งขนาด 30 เมตริกตัน

---

3 ค่าความเข้มของสีของน้ำตาล วัดด้วยเครื่องวัดสีโดยใช้แสงไฟฟ้า (Photo-electric Colorimeter) ใช้หน่วยเป็นองศา Stammer

4 ปริมาณคาดคะเนของน้ำตาลทรายฟอกขาวบริสุทธิ์ที่ควรจะผลิตได้จากน้ำตาลทรายดิบ 100 ส่วน เช่น Rendment ของน้ำตาลทรายดิบตัวอย่างหนึ่งเท่ากับ 94 % หมายถึง เมื่อนำน้ำตาลทรายดิบตัวอย่างนั้นมา 100 ส่วน จะสามารถผลิตเป็นน้ำตาลทรายขาวฟอกบริสุทธิ์ได้ 94 ส่วน (สูญไปในกรรมวิธี 6 ส่วน)

ใช้ชั่งน้ำหนักรถบรรทุกและอ้อยรวมกัน ส่วนอีกเครื่องหนึ่งใช้ชั่งน้ำหนักรถเปล่า เครื่องชั่งที่ใช้อาจเป็นชนิดที่บันทึกน้ำหนักโดยอัตโนมัติ (Automatic weight recorder) อ้อยที่พักรออยู่ในลานพักอ้อยควรให้มีปริมาณเพียงพอที่จะเข้าป้อนลูกหีบได้ติดต่อกันอย่างน้อย 15 ชั่วโมง ในระหว่างที่อ้อยแต่ละคันรถผ่านเครื่องชั่งแล้วจะมีการเก็บตัวอย่างอ้อยเพื่อการวิเคราะห์ควบคุมกระบวนการผลิต และในกรณีที่เป็นอ้อยที่รับซื้อจากชาวไร่ก็จะเป็นการเก็บตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์ราคาอ้อยจำนวนนั้น ๆ ให้กับชาวไร่ด้วย

สำหรับการนำอ้อยลงจากรถบรรทุก บางแห่งใช้คนงานสำเลียงบางแห่งใช้เครื่องทุ่นแรงซึ่งมีหลายชนิด ระหว่างขนถ่ายอ้อยลงจากรถบรรทุกจะมีเครื่องช่วยที่เรียกว่าลานป้อนอ้อย (Feeding table) ซึ่งมี 2 แบบ คือ แบบเอียงติดอยู่กับที่ (Fixed feeding table) ซึ่งจะช่วยให้อ้อยไหลลื่นลงไปบนสะพานอ้อยโดยการอาศัยมุมเทของลานป้อนอ้อยเองกับแรงโน้มถ่วง (Gravity force) อีกแบบหนึ่งเป็นลานเลื่อนตัวได้ (Movable feeding table) ซึ่งช่วยให้การถ่ายอ้อยลงบนสะพานอ้อยเร็วขึ้น

สะพานอ้อยที่ใช้สำเลียงในโรงงานที่มีกำลังผลิต (Milling capacity) 1,000 เมตริกตัน อาจใช้สะพานอ้อยกว้าง 7 ฟุต ใช้พลังงานขับเคลื่อน 60 แรงม้า ความยาวของสะพานอ้อยอาจยาวกว่า 100 ฟุต และอาจเปลี่ยนอัตราเร็วได้ถึง 4 อัตรา อ้อยที่ขนถ่ายลงบนสะพานอ้อยจะถูกส่งไปยังอุปกรณ์เตรียมอ้อยเพื่อทำการตัดย่อยให้เหมาะกับลูกหีบต่อไป

2. <u>การเตรียมอ้อยก่อนเข้าลูกหีบ</u> (Cane preparation) การที่จะสกัดน้ำอ้อยออกจากกากอ้อยให้ได้ปริมาณมาก ๆ จำเป็นจะต้องเปลี่ยนลักษณะของลำอ้อยให้กลายเป็นชิ้นละเอียดก่อนป้อนเข้าลูกหีบ และให้อ้อยที่ป้อนเข้ามีปริมาณอย่างสม่ำเสมอ ปกตินิยมติดตั้งอุปกรณ์เพื่อวัตถุประสงค์ดังกล่าว 3 แบบ คือ

แบบที่ 1 ประกอบด้วยมีดหมุนสับอ้อย 2 ชุด (Two sets of revolving knives)

แบบที่ 2 ประกอบด้วยมีดหมุนสับอ้อย 2 ชุด กับลูกหีบทำแบบ Fulton หรือ Krawjewski crusher

แบบที่ 3 ประกอบด้วยมีดหมุนสับอ้อย 2 ชุด กับเครื่องยกอ้อยชิ้นอ้อยแบบ Searby shredder ลักษณะของอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังกล่าวมีดังนี้

มีดหมุนสับอ้อย (Cane revolving knives) ประกอบด้วยใบมีด 12 ใบ ปลายมีดหางจากสะพานอ้อย 12 นิ้วฟุต หมุนด้วยพลังงานไฟฟ้าขนาด 50 แรงม้า รอบหมุน 490 รอบ/นาที โรงงานที่มีกำลังผลิต 1,000 เมตริกตัน บางโรงงานใช้ใบมีดในชุดนี้ 34–36 ใบ หมุนด้วยอัตราเร็ว 500–600 รอบ/นาที

การใช้พลังงานเคลื่อนชุดมีดหมุนสับอ้อยในชุดแรก ปกติใช้ 1 แรงม้า/ตันอ้อย/ชั่วโมง สำหรับชุดที่สองใช้ 1.5–2 แรงม้า/ตันอ้อย/ชั่วโมง

มีดหมุนสับอ้อยทั้ง 2 ชุด ติดตั้งเหนือสะพานอ้อยตรงส่วนทางลาดขึ้นของสะพานอ้อย เป็นชั้นวางเรียงกันอยู่ในแนวระดับจึงได้ชื่อว่าเป็นตัวปรับระดับ (Leveller) ส่วนมีดชุดที่สองทำหน้าที่ตัดทอนชิ้นอ้อยให้มีขนาดเล็กละเอียดลงไปอีก ก่อนที่อ้อยจะถูกส่งเข้ามีดหมุนสับอ้อยจะต้องผ่านแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnet) เพื่อแยกเศษเหล็กที่อาจหลงติดมากับอ้อยออกเป็นการป้องกันอันตรายที่จะเกิดกับอุปกรณ์การเตรียมอ้อยต่าง ๆ บางโรงงานติดตั้งเครื่องตรวจโลหะ (Metal detector) ในระบบสัญญาณเตือนภัยอัตโนมัติ (Automatic alarm) เพื่อแจ้งให้คนงานควบคุมเครื่องหยุดสะพานอ้อยและนำเศษโลหะออกไปจากอ้อย อ้อยที่ถูกสับจนละเอียดโดยมีดหมุนสับอ้อยแล้วจะถูกนำไปเข้าเครื่องย่อยชิ้นอ้อย เพื่อช่วยให้การสกัดน้ำอ้อยง่ายขึ้น

เครื่องย่อยชิ้นอ้อย (Shredder) ประกอบด้วยฆ้อนหมุนเหวี่ยง (Revolving and swinging hammers) อยู่ในลักษณะประชิดกับท่อนเหล็กซึ่งติดอยู่กับที่ ชิ้นอ้อยที่ถูกป้อนเข้ามาจะถูกตีให้ขาดกระจุยเป็นเส้น (Fibrous structure) ทำให้การสกัดน้ำอ้อยของลูกหีบง่ายขึ้นและได้น้ำอ้อยปริมาณสูงกว่ากรณีที่ไม่ใช้อุปกรณ์นี้ถึงประมาณ 1.5 % อีกทั้งเป็นการทำให้อัตราการทำงานของลูกหีบสูงขึ้นอีกด้วย จำนวนฆ้อนที่ใช้ในอุปกรณ์นี้มีประมาณ 100–400 อัน หมุนด้วยอัตราเร็ว 1200 รอบ/นาที ใช้พลังงาน 2 แรงม้า/ตันอ้อย/ชั่วโมง และอาจเพิ่มพลังงานเป็น 3.5 แรงม้า/ชั่วโมง เพื่อให้การทำงานของเครื่องย่อยชิ้นอ้อยยังคงมีประสิทธิภาพดีหากอ้อยที่ป้อนเข้าเครื่องย่อยชิ้นอ้อยมีปริมาณมากเกินไป เมื่ออ้อยถูกย่อยเป็นชิ้น ๆ แล้วจะถูกส่งไปเข้าลูกหีบนำเพื่อหีบน้ำอ้อยออกเสียที่หนึ่งก่อนที่จะนำเข้าหีบในลูกหีบชุดแรก

ลูกหีบนำ (Crusher) ประกอบด้วยลูกกลิ้งทรงกระบอก 2 ลูก (Two rollers) มีฟันหยาบ ๆ ที่ผิวติดตั้งซ้อนกันในแนวดิ่ง หมุนด้วยพลังงาน 15–20 แรงม้า/ตัน อัตราเร็วของลูกหีบนำ กวรเร็วกว่าอัตราเร็วของลูกหีบชุดแรก (First mill) ประมาณ 20–40 % การสกัดน้ำอ้อยของลูกหีบนำจะทำได้ประมาณ 40 % หากไม่มีลูกหีบนำ ลูกหีบชุดแรกในแถวลูกหีบ (Mill tandem) ซึ่งประกอบด้วยลูกกลิ้ง 3 ลูก มีฟันและร่องลึกเป็นแบบรูปตัว V (V-Grooves) จะทำหน้าที่แทนและจะสามารถสกัดน้ำอ้อยออกจากอ้อยได้ประมาณ 60–70%

3. การหีบอ้อยเพื่อสกัดน้ำอ้อย (Cane Milling) เมื่ออ้อยได้กลายสภาพเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อยด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นแล้ว ชิ้นอ้อยเหล่านั้นจะถูกพาไปโดยสะพานป้อนอ้อย (Cane feeding carrier) เข้าสู่ลูกหีบชุดที่หนึ่ง ระหว่างลูกหีบชุดที่หนึ่ง และลูกหีบชุดต่อ ๆ ไปจะมีสะพานอ้อยระหว่างลูกหีบ (Intermediate cane carrier) ซึ่งเป็นแผ่นสายพานยาวประชิดระหว่างลูกหีบแต่ละชุด บางแห่งไม่ใช้สะพานอ้อยระหว่างลูกหีบนี้ แต่จะใช้อุปกรณ์ซึ่งเรียกว่า "Meinecke carrier" แทน อุปกรณ์นี้มีลักษณะเป็นรางหักคว่ำเป็นข้อศอกยันระหว่างลูกหีบแต่ละชุดอุปกรณ์ทั้ง 2 แบบนี้ ต่างทำหน้าที่รับชิ้นอ้อยที่ถูกหีบจากลูกหีบชุดหน้าส่งไปป้อนให้ลูกหีบชุดหลังทำการหีบต่อไปจนกระทั่งผ่านลูกหีบชุดสุดท้าย (Last mill) หลังลูกหีบชุดสุดท้ายจะมีเครื่องลำเลียงกากอ้อย (Bagasse elevator) เพื่อนำกากอ้อยไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตาหม้อน้ำ

ในแนวของลูกหีบ (Mill tandem) ประกอบด้วยลูกหีบ 3–7 ชุด ปกติใช้กัน 4 ชุด แต่การเพิ่มลูกหีบอีก 1 ชุดในแถวลูกหีบจะเป็นการเพิ่มทวีกำลังการหีบของแถวลูกหีบขึ้นอีกประมาณ 20 %

ลูกหีบชุดหนึ่ง ๆ ประกอบด้วยลูกกลิ้ง 3 ลูก ลูกกลิ้ง 2 ลูกอยู่ด้านล่างเรียงกันอยู่ในแนวระดับลูกหน้าเป็นลูกกลิ้งป้อนอ้อย (Feed roller) ลูกหลังเป็นลูกกลิ้งคายกากอ้อย (Bagasse roller) ลูกกลิ้งทั้งสองนี้หมุนตัวไปทางเดียวกับการเคลื่อนที่ของอ้อยที่เข้าหีบ ส่วนลูกกลิ้งลูกที่สามซึ่งเป็นลูกกลิ้งตัวบน (Top roller) ติดตั้งอยู่ข้างบนระหว่างลูกกลิ้ง 2 ลูกแรก และหมุนสวนทางกัน อัตราเร็วปกติของลูกกลิ้งโดยเฉลี่ยประมาณ 17–20 ฟุต/นาที การตั้งระยะระหว่างลูกกลิ้งที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับปริมาณของอ้อยที่จะเข้าหีบใน 24 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับอัตรากวามเร็วของลูกหีบ และขึ้นกับปริมาณของน้ำอ้อยที่จะยอมให้ค้างอยู่ใน

กากอ้อยหลังจากผ่านลูกหีบชุดสุดท้าย ระยะสัมพันธ์ระหว่างลูกกลิ้งป้อนอ้อยกับลูกกลิ้งส่งกากอ้อยไม่คงที่ ขึ้นอยู่กับพันธุ์อ้อยที่เข้าหีบ ซึ่งมีปริมาณและความเหนียวของเส้นใยกากอ้อยต่าง ๆ กัน ในการตั้งระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง ของลูกหีบชุดต่อไปนั้นตั้งให้ระยะแคบลงตามลำดับเพื่อให้การสกัดน้ำอ้อยออกจากกากอ้อยมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ลูกกลิ้งของชุดลูกหีบมีฟันและร่อง (Projection and Grooves) เพื่อสร้างประสิทธิภาพในการจับยึด และหีบชิ้นอ้อยตลอดจนขับระบายน้ำอ้อยให้ดีขึ้น ฟันและร่องของลูกกลิ้งมีหลายแบบ เช่น แบบฟันปลาไดมอนด์ , แบบฟันปลาเฮอริ่ง และแบบคล้าย ๆ ถ้วย เป็นต้น การที่ลูกหีบจะหีบขับน้ำอ้อยออกจากชิ้นอ้อยได้มากเพียงไรขึ้นอยู่กับความกว้างของพื้นที่บนหน้าลูกกลิ้งซึ่งเกิดจากฟันและร่อง ฉนั้นกำลังหีบของลูกกลิ้งชนิดที่ผิวหน้ามีร่องลึกจะมีมากกว่ากำลังหีบของลูกกลิ้งที่มีผิวหน้าเรียบหรือมีร่องตื้น ระหว่างลูกกลิ้งสองลูกล่างนี้มีอุปกรณ์อย่างหนึ่งเรียกว่าหลีกลาง (Trash or Bagasse turner) เป็นแผ่นโลหะโค้งทำหน้าที่นำชิ้นอ้อยจากลูกกลิ้งป้อนอ้อยส่งต่อไปยังลูกกลิ้งคายกากอ้อย

สำหรับการสกัดน้ำอ้อยออกจากอ้อยนั้น ถึงแม้จะใช้แรงกดดันสูงก็ยากที่จะขับน้ำอ้อยออกจากกากอ้อยได้หมด น้ำอ้อยส่วนหนึ่งจะยังคงติดค้างอยู่ในกากอ้อยโดยมีความเข้มข้นแตกต่างจากความเข้มข้นของน้ำอ้อยที่ถูกหีบขับออกมาก่อน ฉนั้นในการหีบอ้อยจึงจำเป็นต้องใช้น้ำฉีดพรมลงไปเพื่อเจือจางน้ำอ้อยเข้มข้นที่ติดค้างอยู่ภายในกากอ้อย ให้มีความเข้มข้นเท่ากับน้ำอ้อยที่ถูกหีบขับออกมาก่อนในตอนแรกแล้วจึงส่งเข้าทำการหีบในลูกหีบชุดต่อไป

ก่อนที่น้ำอ้อยจะไหลลงรางรวมกันที่ผ้ากรอง (Bedplate) มีแผ่นโลหะเป็นตะแกรงแบบรูพรุนกั้นกรองสิ่งสกปรกชิ้นใหญ่ ๆ ออก น้ำอ้อยที่ไหลรวมกันจะถูกสูบส่งไปเข้าถังชั่งน้ำอ้อยอัตโนมัติ (Automatic scale tank) เพื่อหาน้ำหนักอ้อยในวันหนึ่ง ๆ เพื่อนำไปคำนวณตามหลักวิชาการในกรรมวิธีต่อไป

กรรมวิธีการสกัดน้ำอ้อยด้วยชุดลูกหีบนี้แม้ว่าอัตราการสกัดจะขึ้นอยู่กับอ้อยก็ตาม แต่ปกติส่วนเฉลี่ยจะได้ 93-96 % กากอ้อยที่ออกจากลูกหีบชุดสุดท้ายจะมีความชื้นประมาณ 40 % มีค่าพลังงานความร้อนประมาณ 2,300 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม

ในปัจจุบันกรรมวิธีสกัดน้ำอ้อยออกจากอ้อยได้วิวัฒนาการไปถึงกรรมวิธีสกัดน้ำตาล

ออกจากอ้อยด้วยน้ำร้อน (Diffusion) ซึ่งอาศัยกลวิธีการถูกชุ่มถ่ายเทและชะล้างน้ำ-อ้อยให้ออกมาจากชิ้นอ้อยในอุปกรณ์ซึ่งเรียกว่า "Diffuser" เมื่อสกัดน้ำอ้อยออกจากอ้อยแล้วจึงนำน้ำอ้อยไปทำให้ใสต่อไป

4. <u>การทำน้ำอ้อยให้ใส</u> (Clarification) น้ำอ้อยรวมที่ได้จากการชั่งของถังชั่งน้ำอ้อย นำมาผ่านหม้ออุ่นความร้อน (Heater) โดยให้ความร้อนของน้ำอ้อยที่ออกจากหม้อ Heater นี้ มีอุณหภูมิประมาณ 55-65 °C แล้วนำสู่หม้อผสมน้ำอ้อยและฟอกด้วยไอกำมะถัน (Liming and sulphating tank) เพื่อกรรมวิธีทำน้ำอ้อยให้ใส จุดมุ่งหมายก็คือการใช้สารเคมีช่วยดึงเอาสิ่งสกปรกที่ติดมาในน้ำอ้อยให้ตกเป็นตะกอน สำ-หรับกรรมวิธีนี้โรงงานใช้น้ำปูนขาว (Milk of Lime) เป็นเคมีภัณฑ์ในการทำน้ำอ้อยให้ใส กรรมวิธีนี้เรียกว่า "Defecation Process" กรรมวิธีการผสมน้ำปูนขาวกับน้ำอ้อยแบ่งได้เป็น 3 แบบ คือ

ก. แบบผสมน้ำปูนขาวในอุณหภูมิปกติ (Cold Liming)

ข. " " อุณหภูมิสูง (Hot Liming)

ค. " เป็นส่วน ๆ (Fractional Liming)

การผสมน้ำปูนขาวในอุณหภูมิปกตินั้นต้องใช้น้ำปูนขาวมากกว่าวิธีอื่นเมื่อเปรียบเทียบกัน จำนวนที่ใช้ประมาณ 0.07 % ของอ้อย

การผสมน้ำปูนขาวในอุณหภูมิสูง ใช้น้ำปูนขาวน้อยกว่าการผสมน้ำปูนขาวในอุณห-ภูมิปกติ โดยใช้ประมาณ 0.03-0.06 % ของอ้อย วิธีนี้เกิดการสลายตัวของน้ำตาลอินเวอร์ทได้ง่าย เป็นสาเหตุให้น้ำอ้อยมีสีคล้ำขึ้น แต่ก็ยังเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอยู่

ส่วนการผสมน้ำปูนขาวเป็นส่วน ๆ นั้น ปริมาณน้ำปูนขาวที่ใช้ผสมกับน้ำอ้อยเป็นระยะ ๆ น้อยที่สุด และให้ผลในการทำน้ำอ้อยใสได้ดีที่สุด แต่จะต้องใช้อุปกรณ์และความเอาใจใส่ในการปฏิบัติที่ละเอียดกว่าการผสมน้ำปูนขาวในอุณหภูมิปกติและการผสมน้ำปูนขาวในอุณหภูมิสูง

เมื่อชั่งน้ำหนักอ้อยที่จะนำมาทำใส ด้วยถังชั่งน้ำอ้อยแบบอัตโนมัติ และทำให้น้ำ-อ้อยมีอุณหภูมิสูงประมาณ 55-65 ° C แล้วนำไปผสมกับน้ำปูนขาวและไอกำมะถันในถังผสม แล้วหลังจากนั้นจึงผสมกับสารช่วยการรวมตัวของตะกอน เช่น Hodag Floes411 ในเครื่องผสม

(Mixer) แล้วจึงปล่อยน้ำอ้อยเข้าเครื่องทำใส ซึ่งใช้สูญญากาศ ตะกอนต่าง ๆ ในน้ำอ้อยจะลอยตัวขึ้นที่ผิวของน้ำอ้อยอย่างรวดเร็วด้วยแรงดึงดูดของสูญญากาศ ระบายน้ำอ้อยใสข้างใต้ออกด้วย Extraction pump ซึ่งส่งน้ำอ้อยผ่านเครื่องทำความร้อนน้ำอ้อย เพื่อให้อุณหภูมิสูงถึง 100° C แล้วจึงส่งเข้าหม้อต้มระเหย (Evaporator) ส่วนตะกอนสกปรกจะถูกกวาดและระบายออกจากเครื่องที่ทำใสด้วย Mud pump ส่งไปกรองแยกน้ำอ้อยที่ติดค้างในตะกอนออกด้วยเครื่องกรอง น้ำอ้อยใสที่ได้นี้จะถูกส่งไปรวมกับน้ำอ้อยใสที่จะนำไปต้มระเหยต่อไป

5. <u>การต้มระเหยน้ำอ้อย</u> (Evaporation) คือการทำน้ำอ้อยให้เป็นน้ำเชื่อม น้ำอ้อยมีความเข้มข้นต่ำประมาณ 15–20 ดีกรีบริกซ์ ต้องต้มให้งวดโดยการขับระเหยน้ำออกไป การต้มน้ำอ้อยจะใช้หม้อต้มชนิด 4 ใบควบ (Continuous quadruple effect) น้ำอ้อยใส (Clarified juice) จะถูกส่งมาต้มในหม้อต้มดังกล่าวโดยใช้ระบบสูญญากาศภายในหม้อ เพื่อให้น้ำอ้อยงวดแห้งเร็วเข้า น้ำอ้อยที่ส่งเข้าหม้อต้มใบที่หนึ่ง จะถูกขับระเหยโดยใช้ไอน้ำเป็นตัวให้ความร้อน น้ำอ้อยที่ต้มแล้วจากหม้อต้มใบที่หนึ่งจะไหลไปสู่หม้อต้มใบที่สองโดยการถ่ายเทด้วยแรงกัน (Pump) และการดูดด้วยสูญญากาศ (Vacuum) น้ำอ้อยในหม้อต้มใบที่สองได้รับความร้อนโดยการใช้ไอระเหยของน้ำในหม้อต้มใบที่หนึ่งมาเป็นตัวให้ความร้อน และเช่นเดียวกันน้ำอ้อยจากหม้อต้มใบที่สองจะไหลไปสู่หม้อต้มใบที่สามและหม้อต้มใบที่สี่ ตามกรรมวิธีดังกล่าวแล้ว และใช้ความร้อนจากการขับระเหยใบหนึ่งไปใช้ให้ความร้อนยังอีกใบหนึ่งต่อเนื่องกันไปในที่สุด และจะมีทั้งระดับความร้อนและสูญญากาศในหม้อดังต่อไปนี้

หม้อต้มใบที่ 1	ความร้อนของน้ำอ้อย	90°–93° C	ไม่มีสูญญากาศในหม้อ
" 2	"	80°–85° C	สูญญากาศในหม้อ 08"–10" ปรอท
" 3	"	70°–75° C	" 15"–18" "
" 4	"	50°–55° C	" 25"–27" "

น้ำอ้อยที่ได้จากหม้อต้มใบที่สี่จะงวดลงเป็นน้ำเชื่อมมีความเข้มข้นระหว่าง 50–60 ดีกรีบริกซ์ เรียกว่า Raw syrup นำไปฟอกด้วยแกสซัลเฟอร์ไดออกไซด์อีกครั้งหนึ่ง

เพื่อฟอกสีน้ำเชื่อมให้ขาวขึ้น แล้วกรองเอาเศษผงออก ต่อจากนั้นนำน้ำเชื่อมไปทำการเคี่ยวเพื่อให้ตกผลึก

6. การเคี่ยว (Boiling) การเคี่ยวน้ำตาลก็คือการเอาน้ำเชื่อมมาเคี่ยวให้งวดลงไปอีก ด้วยการขับน้ำให้ระเหยไป เหลือน้ำตาลตกผลึกในที่สุด การเคี่ยวให้งวดจะเคี่ยวในหม้อเคี่ยวสูญญากาศ (Vacuum pan) น้ำเชื่อมเมื่อนำเข้าเคี่ยวให้งวดจนเกิดผลึกน้ำตาลทรายภายในหม้อเคี่ยวแล้วก็จะใช้น้ำเชื่อมนั้นมาเลี้ยงผลึกน้ำตาลที่เกิดขึ้นต่อไป โดยวิธีป้อนน้ำเชื่อมไปพอกผลึกทีละน้อย ๆ เป็นคราว ๆ ตามปริมาณซึ่งพนักงานควบคุมหม้อเคี่ยวกอยควบคุมตรวจสอบดูแลอยู่จนกระทั่งผลึกค่อย ๆ โตขึ้นจากการเลี้ยงผลึกโดยการป้อนน้ำเชื่อมเข้าไปทีละคราว ๆ จนปริมาณผลึกเต็มหม้อเคี่ยวซึ่งเราเรียกของผสมระหว่างผลึกน้ำตาล น้ำเชื่อม และของเหลวที่ติดมานี้ว่า Massecuite แล้วจึงปล่อยลงมาสู่ถังพักเกล็ด (Crystallizer) เพื่อค่อย ๆ ระบายลงปั่นในหม้อปั่นต่อไป สำหรับระบบการต้มเคี่ยวน้ำตาล โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

ก. ระบบการต้มเคี่ยวน้ำเชื่อมจนกระทั่งเกิดผลึกน้ำตาล (Boiling to grains) ระบบนี้ใช้ต้มเคี่ยวน้ำเชื่อมเข้มข้นซึ่งมีความบริสุทธิ์สูง อุณหภูมิที่ใช้ต้มเคี่ยวไม่สูงเกินไปจนทำให้น้ำตาลตกผลึกออกมาในน้ำเชื่อมในทันทีทันใดแต่จะทำให้การตกผลึกของน้ำตาลเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ขณะที่ใช้ความร้อนและสูญญากาศขับน้ำให้ระเหยออกไปจากน้ำเชื่อมจนกระทั่งเกิดผลึกน้ำตาลทรายจำนวนมากผสมอยู่กับของเหลว เรียกว่ากากน้ำตาล (Molasses)

ข. ระบบการต้มเคี่ยวกากน้ำตาลชนิดที่ยังสามารถผลิตแยกออกมาเป็นน้ำตาลทรายได้ การต้มเคี่ยวกระทำจนถึงจุดซึ่งมีความหนืดเหนียวยืดเป็นเส้น และเมื่อลดอุณหภูมิให้ต่ำลง ณ ภาวะนี้แล้ว จะเกิดผลึกน้ำตาลทรายขึ้น ซึ่งผลึกนี้จะนำไปเลี้ยงในถังพักผลึกต่อไป

7. การเลี้ยงผลึกน้ำตาลทรายในถังพักผลึก (Crystallization in Crystallizer) เนื่องจาก Massecuite ที่ปล่อยออกมาจากหม้อเคี่ยวประกอบด้วยผลึกน้ำตาลทรายและน้ำเลี้ยงผลึก (Mother liquor) และในน้ำเลี้ยงผลึกจะยังคงมีปริมาณน้ำตาลละลายตัวเหลืออยู่มากพอที่จะตกผลึกออกมาอีกในเมื่ออุณหภูมิของ Massecuite ลดลงในกรณีที่ปล่อยให้ Massecuite เย็นลงโดยทิ้งไว้ในถังพักผลึกเฉย ๆ ไม่มีการกวน

ให้กระจายตัว น้ำตาลที่ละลายตัวอยู่ในน้ำเลี้ยงผลึกจะตกผลึกแทรกซ้อนขนาดเล็กซึ่งเป็นผลึกใหม่และจะเป็นสาเหตุให้เกิดความยุ่งยากในกรรมวิธีขั้นต่อไป ฉะนั้นเพื่อที่จะป้องกันสาเหตุข้อนี้เมื่อ Massecuite อยู่ในถังพักผลึกจะต้องใช้วิธีการซึ่งจะทำให้น้ำตาลที่ยังละลายตัวอยู่ในน้ำเลี้ยงผลึกไม่เกิดเป็นผลึกใหม่แทรกซ้อนขึ้นมา แต่จะให้ไปเลี้ยงพอกผลึกเดิมซึ่งเกิดอยู่ก่อนให้โตขึ้นอีกในระหว่างที่อุณหภูมิลดลง วิธีการที่จะนำมาแก้ปัญหานี้ก็คือ Crystallization-in-motion ถังพักผลึกซึ่งสร้างขึ้นมาเพื่อวิธีการดังกล่าวนี้มีหลายแบบ เช่นแบบธรรมดาเป็นถังรูปตัว U ภายในมีเครื่องกวน หรืออาจเป็นถังรูป ตัว U หรือทรงกระบอกมีเครื่องถ่ายเทความร้อน เครื่องกวน และผนังห่อหุ้มน้ำ (Water jacket) ก่อนที่จะปล่อย Massecuite ลงถังพักผลึกควรให้ความร้อนถังพักผลึกก่อน เพื่อป้องกันมิให้ Massecuite สัมผัสกับส่วนของถังพักผลึกที่เย็นจะทำให้เกิดผลึกใหม่แทรกซ้อน (False grains) และควรจะปล่อยให้เครื่องกวนหมุนทำงานอยู่ก่อนที่จะปล่อย Massecuite ลงไป เพราะเมื่อ Massecuite เย็นลงจะแข็งตัวอาจทำให้เครื่องกวนไม่สามารถทำงานได้ เมื่อเลี้ยงผลึกจนโตเต็มที่แล้วจะแยกผลึกออกจากหมอปั่นน้ำตาลทราย

8. <u>การแยกผลึกน้ำตาลทรายในหม้อปั่นน้ำตาลทราย</u> (Curing in centrifuge) เมื่อปล่อยให้ Massecuite ถูกกวนอยู่ในถังพักผลึกจนผลึกน้ำตาลทรายโตเต็มที่แล้ว ให้ปล่อย Massecuite ลงหม้อปั่นน้ำตาลทรายโดยผ่าน Massecuite mixer ก่อน เพื่อให้ปริมาณของ Massecuite ที่ไหลลงหม้อปั่นน้ำตาลทรายมาเสมอกัน ในหม้อปั่นน้ำตาลทรายจะมีตะกร้า (Basket) ซึ่งมีผนังเป็นรูพรุน เมื่อ Massecuite ถูกปล่อยลงไปในตะกร้าก็จะถูกเหวี่ยงตัวไปที่ผนัง ผลึกน้ำตาลทรายจะติดตัวอยู่บนผนัง ส่วนที่เป็นของเหลวหรือกากน้ำตาลจะผ่านผนังตะกร้าออกไปทางรูพรุนหรือตะแกรงปะทะกับผนังของตัวหม้อปั่น (Drum) ไหลรวมกันลงไปในรางลำเลียงผลึกน้ำตาลทรายที่เกาะติดอยู่บนผนังของตะกร้าจะถูกกวาดออกปล่อยจากหม้อปั่นลงบนรางลำเลียง แล้วลำเลียงต่อไปด้วยลิฟท์ (Elevator) ส่งเข้าเครื่องชั่ง อาจบรรจุกระสอบ หรือลำเลียงไปที่เก็บน้ำตาลทราย

2. <u>กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายสีรำ</u>

น้ำตาลทรายสีรำเป็นน้ำตาลทรายซึ่งมีสีน้ำตาลอ่อนหรือคล้ายสีรำ คุณภาพของน้ำตาลทรายชนิดนี้คล้ายกับคุณภาพของน้ำตาลทรายขาว (Plantation white sugar) คุณภาพส่วนใหญ่ที่แตกต่างกันระยางชัดเจน คือ สีของผลึกน้ำตาล น้ำตาลทรายสีรำส่วนมากมักผลิตจากน้ำตาลทรายแดง (Muscovado) และน้ำเชื่อมซึ่งมีความบริสุทธิ์ต่ำ

กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายสีรำส่วนใหญ่ก็คล้ายกับกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายขาวซึ่งจะได้กล่าวต่อไป แต่ในกรรมวิธีการทำความบริสุทธิ์ (Purification Method) นั้นกระทำอย่างง่าย ๆ เพียงบางส่วน สีของน้ำตาลทรายชนิดนี้จึงยังไม่ขาวสะอาด อาจมีการฟอกสีด้วยการใช้สารเคมีบางอย่าง เช่น ใช้ Sodium metabisulphite เติมลงใน Massecuite นอกจากนี้ ในการปั่นแยกน้ำตาลทรายในหม้อปั่นน้ำตาลทราย มีการล้างกากน้ำตาลทรายออกจากผลึกน้ำตาลทรายที่ได้ และใช้ไอน้ำอบไล่ความชื้นของผลึกน้ำตาลทรายในหม้อปั่นน้ำตาลทรายด้วย

3. <u>กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายขาว</u>

น้ำตาลทรายขาวมีลักษณะเป็นผลึกขาว กระบวนการผลิตในระยะเริ่มต้นก็เหมือนกับการผลิตน้ำตาลทรายดิบ ตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น แต่จะเริ่มแตกต่างกันตั้งแต่การทำน้ำอ้อยให้ใสโดยจะมีกรรมวิธีการทำน้ำอ้อยและน้ำเชื่อมให้มีความบริสุทธิ์สูงขึ้น กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายขาว แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

ก. กระบวนการแยกสารที่เป็นสีออกจากน้ำเชื่อมโดยใช้แก๊สกำมะถัน วิธีการคือใช้แก๊สกำมะถัน (Sulphur dioxide) ผ่านลงไปในน้ำเชื่อมเพื่อแยกสารที่เป็นสี (Coloring matter) และสิ่งสกปรกซึ่งมีในน้ำตาลออกโดยการดูดซึมของตะกอนแคลเซียมซัลไฟต์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่างปูนขาวกับแก๊สกำมะถัน

กระบวนการแยกสารที่เป็นสีออกจากน้ำเชื่อมโดยใช้แก๊สกำมะถันนี้ยังแบ่งออกเป็น 3 วิธี ดังนี้

(1) วิธีผ่านแก๊สกำมะถันลงในน้ำเชื่อมแล้วจึงผสมน้ำปูนขาวลงไป (Sulphitation - liming หรือ Acid side sulphitation) วิธีนี้กระทำได้โดยผ่านแก๊ส

แก๊สกำมะถันลงในน้ำอ้อยที่มีอุณหภูมิ 70°C จนได้ pH[1] ประมาณ 3.8–4.0 แล้วจึงผสมน้ำปูนขาวลงไปมี pH เป็น 7.0 จากนั้นทำให้น้ำอ้อยมีอุณหภูมิสูงระหว่าง 100–105°C ก่อนที่จะนำไปแยกตะกอน วิธีนี้เหมาะสำหรับการแยกสิ่งซึ่งไม่บริสุทธิ์ซึ่งตกตะกอนออกมาในภาวะกรดและวิธีนี้ไม่ทำให้น้ำตาลอินเวอร์ทที่มีอยู่เกิดการสลายตัว แต่ถ้าแก๊สกำมะถันผสมกับน้ำอ้อยในอุณหภูมิ 70°C นี้มากเกินไปจนทำให้ pH ต่ำกว่าที่กำหนดแล้วจะทำให้น้ำตาลซูโครสในน้ำอ้อยสลายตัวเป็นน้ำตาลอินเวอร์ทได้ จึงเป็นสาเหตุประการหนึ่งในการสูญเสียน้ำตาล

(2) วิธีผสมน้ำปูนขาวลงในน้ำเชื่อมแล้วจึงผ่านแก๊สกำมะถันลงไป (**Liming-sulphitation** หรือ **Alkaline side sulphitation**) วิธีนี้ใช้น้ำปูนขาวเติมลงในน้ำอ้อย ซึ่งมีเครื่องกวน ณ อุณหภูมิ 70°C จนมี pH เท่ากับ 9.5 แล้วจึงผ่านแก๊สกำมะถันลงไปจน pH เป็น 7.0 หลังจากนั้นจึงทำให้น้ำอ้อยมีอุณหภูมิเป็น 100–105°C เพื่อนำไปแยกตะกอน ปฏิกิริยาข้างต้นแสดงด้วยสมการเคมีได้ดังนี้

$$Ca\,SO_3 + SO_2 + H_2O \longrightarrow Ca\,(HSO_3)_2$$

$$Ca(HSO_3)_2 \longrightarrow CaSO_3 + SO_2 + H_2O$$

กล่าวคือ **Calciumsulphite + Sulphur dioxide +** น้ำจะได้ **Calcium bisulphite** หรือการแตกสลายตัวของ **Calcium-bisulphite** จะได้ **Calcium-sulphite + Sulphur-dioxide +** น้ำ

(3) วิธีผสมน้ำปูนขาวและผ่านแก๊สกำมะถันลงในน้ำเชื่อมพร้อม ๆ กัน (**Simultaneous liming and sulphitation**) วิธีผสมน้ำปูนขาวและผ่านแก๊สกำมะถันลงไปในน้ำอ้อย ณ อุณหภูมิ 70°C ในถังผสมพร้อม ๆ กัน โดยใช้เครื่องกวนผสมรักษาระดับ pH ในการผสมให้เป็น 7.0 เสร็จแล้วทำน้ำอ้อยให้ร้อนขึ้น 100–105°C

---

[1] ระดับความเป็นกรดหรือด่างของสารละลาย สารละลายที่เป็นกรดจะมีค่า pH ที่ต่ำกว่า 7.0 สารละลายที่เป็นกลางจะมีค่า pH เท่ากับ 7.0 ส่วนสารละลายที่เป็นด่างจะมีค่า pH สูงกว่า 7.0

นำไปแยกตะกอนสำหรับวิธีนี้มีการสลายตัวของน้ำตาลซูโครสและน้ำตาลอินเวอร์ทเกิดขึ้นน้อยกว่าวิธีทั้งสองข้างต้น ส่วนประสิทธิภาพในการแยกสิ่งไม่บริสุทธิ์ ออกจากน้ำอ้อยนั้นเท่ากัน

ข. กระบวนการแยกสารที่เป็นสีออกจากน้ำเชื่อมโดยใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbonation process) กระบวนการนี้ใช้วิธีคล้ายกับ Sulphitation process ต่างกันที่ใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ผ่านลงในน้ำอ้อย ใส่ถังผสมเพื่อแยกสีและสิ่งที่ไม่บริสุทธิ์ออก เมื่อแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านลงในน้ำอ้อยที่ผสมกับน้ำปูนขาว จะเกิดปฏิกิริยากับน้ำปูนขาวเกิดเป็นตะกอนของแคลเซียมคาร์บอเนต ทำหน้าที่แยกสีและสิ่งไม่บริสุทธิ์ออกจากน้ำอ้อย อุณหภูมิที่ใช้ในการผสมคาร์บอนไดออกไซด์นี้ใช้ไม่เกิน 55 °c ถ้าสูงกว่านี้น้ำตาลอินเวอร์ทจะสลายตัวเกิดเป็นกรดอินทรีย์ และสารที่เกิดสีขึ้นมากทั้งนี้เพราะการผสมน้ำปูนขาวกับน้ำอ้อยในกระบวนการนี้ทำให้ pH สูงขึ้นประมาณ 10–10.5 ซึ่งอยู่ในภาวะเป็นด่างอย่างแรง

กระบวนการ Carbonation (Clarification of beet juice) นี้ดัดแปลงหลักการวิธีทำใสของน้ำหัวผักกาดหวานมาใช้ซึ่งได้ผลดีสำหรับการนำมาใช้ผลิตน้ำตาลทรายขาวจากอ้อย กระบวนการนี้แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ

(1) วิธีใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านลงในน้ำเชื่อมเพียงครั้งเดียว (Single carbonation) วิธีการคือ เมื่อปล่อยน้ำอ้อย (Mixed juice) ผ่านเครื่องทำความร้อนน้ำอ้อยให้มีอุณหภูมิสูง 55 °c แล้วส่งเข้าถังผสมเติมน้ำปูนขาวในอัตราส่วน 70 ลิตรต่อน้ำอ้อย 1,000 ลิตร เพื่อให้เกิดภาวะเป็นด่างอย่างแรง แล้วจึงผ่านแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ลงไปจนกระทั่ง pH เป็น 7.0 จุดสิ้นสุดปฏิกิริยาของการผสมจะถึงเมื่อน้ำอ้อยมี pH เป็นกลางคือ 7.0 หรือให้เป็นด่างน้อย ๆ ระหว่าง 8.3–8.6 ต่อจากนั้นจึงนำไปกรองแยกตะกอน

(2) วิธีใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านลงในน้ำเชื่อมสองครั้ง (Double carbonation) วิธีการนี้ตอนเริ่มต้นเหมือน Single carbonation กล่าวคือให้น้ำอ้อยผ่านเครื่องทำความร้อนน้ำอ้อยจนมีอุณหภูมิ 55 °c แล้วปล่อยเข้าถังผสมครั้งที่หนึ่ง (First Carbonation) ใช้น้ำปูนขาวผสมจนน้ำอ้อยมี pH เป็น 10–10.5 จึงผ่าน

แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จน pH เป็น 7.0 แล้วกรองน้ำอ้อยที่ได้ส่งเข้าถังผสมครั้งที่สอง (Second carbonator) เมื่อผสมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จน pH เป็น 8.5 แล้วผ่านเข้าเครื่องทำความร้อนน้ำอ้อยจนอุณหภูมิขึ้นถึง 80° C แล้วกรองด้วยเครื่องกรอง ส่งเข้า Sulphitator เพื่อผสมกับ Sulphur dioxide น้ำอ้อยจะถูกฟอกสีอีกครั้งหนึ่งและถูกลดระดับความเป็นด่างจน pH ลดลงเป็น 6.8 น้ำอ้อยที่ได้ในตอนนี้จะมีลักษณะใสสะอาด ต่อจากนั้นส่งน้ำอ้อยนี้ไประเหยในหม้อต้มระเหย (Evaporator) จนความเข้มข้นเพิ่มขึ้น เป็นน้ำเชื่อม แล้วส่งเข้าเครื่องกรองอีกครั้งเพื่อแยกตะกอน น้ำเชื่อมที่กรองได้ส่งไปเคี่ยวในหม้อต้มเคี่ยวให้เป็น Massecuite แล้วปล่อยลงถังพักผลึกจนผลึกมีขนาดใหญ่เต็มที่ จึงปล่อยลงหม้อปั่นแยกน้ำตาลทราย ใช้น้ำฉีดล้างผลึกน้ำตาลทรายที่ได้ให้ปราศจากกากน้ำตาล แล้วใช้ไอน้ำเป่าไล่ความชื้นปล่อยน้ำตาลทรายขาวที่ได้เข้าเครื่องอบ และทำให้เย็น (Dryer and cooler) ส่งน้ำตาลทรายขาวที่แห้งแล้วไปตัดเกล็ดแล้วชั่งไปชั่งแบ่งบรรจุกระสอบ

2. <u>กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์</u>

น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์มีลักษณะเป็นผลึกใสสะอาด ไม่มีสี มีปริมาณร้อยละของน้ำตาลซูโครสไม่ต่ำกว่า 99.5 มีเถ้า (Ash) ไม่เกินร้อยละ 0.04 และมีความชื้นไม่เกินกว่าร้อยละ 0.07 ในการผลิตน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์นั้น ปกติใช้น้ำตาลทรายดิบ (Raw sugar) เป็นวัตถุดิบ สำหรับกระบวนการผลิตนั้นก็มีวิธีการทำน้ำเชื่อมให้บริสุทธิ์ได้สูงกว่าวิธีการที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายชนิดที่กล่าวมาแล้ว และอาจใช้ได้หลายวิธี เช่น วิธีใช้ผงถ่านฟอกสี (Active carbon method) และวิธีใช้ถ่านกระดูกฟอกสี (Bone char method) ฯลฯ ซึ่งมีวิธีการดังนี้คือ

ก. วิธีใช้ผงถ่านฟอกสี (Active carbon method) วิธีนี้นำน้ำตาลทรายดิบมาผสมกับน้ำเชื่อมสำหรับล้างผลึก (Affination syrup) ในถังผสม แล้วนำไปสกัดแยกน้ำเชื่อมที่ล้างออกจากผลึกน้ำตาลทรายดิบด้วยหม้อปั่นน้ำตาลทราย ผลึกน้ำตาลทรายที่ล้างแล้วแยกจากหม้อปั่นน้ำตาลทราย นำไปหลอมละลายในหม้อหลอมละลาย (Melter) และผสมกับ Kiesllgular ซึ่งเป็นสารช่วยกรอง (Filter aid) กับผงถ่านฟอกสี

(Active carbon) ซึ่งใช้ฟอกสีมาครั้งหนึ่งในถังซึ่งเรียกว่า Blow-up tank ณ อุณหภูมิ 80 °c แล้วนำไปกรอง น้ำหวานที่กรองได้นำไปผสมกับถ่านฟอกสีใหม่ ๆ แล้วคนให้เข้าทั่วกันประมาณ 20–30 นาทีแล้วกรอง น้ำหวานที่กรองได้นำไปต้มระเหยในหม้อต้ม (Evaporator) จนเป็นน้ำเชื่อม แล้วส่งต่อไปเคี่ยวให้เป็น Massecuite ปล่อย Massecuite ลงถังพักผลึกจนผลึกโตเต็มที่ปล่อยลงหม้อปั่นน้ำตาล แยกผลึกน้ำตาลทรายใช้น้ำล้างกากน้ำตาลออกจากผลึกส่งไปเข้าเครื่องอบและทำให้เย็น แล้วแบ่งชั่งบรรจุกระสอบ

การผลิตน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์วิธีนี้อาจผลิตได้น้ำตาลทราย 7 ประเภท ในชุดหนึ่งน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ที่ได้เป็นน้ำตาลทรายที่แยกได้ครั้งที่หนึ่ง ถึงครั้งที่ห้า นำมารวมกันเป็น Granulated sugar ส่วนน้ำตาลทรายที่แยกได้ครั้งที่ 6 และครั้งที่ 7 เป็นน้ำตาลทรายชนิด Brown soft sugar

ข. วิธีใช้ถ่านกระดูกฟอกสี (Bone Char Method) วิธีนี้มีวิธีการปฏิบัติเหมือนวิธีแรกทุกประการ ต่างกันเฉพาะใช้ถ่านกระดูก (Bone Char) แทนผงถ่านฟอกสี