



การทำความสะอาดอ้อยในกระบวนการผลิตน้ำตาล

Cane cleaning in sugar processing

สุพรรณ ยั่งยืน*

Suphan Yangyuen*

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

Received March 2012

Accepted June 2012

บทคัดย่อ

สิ่งเจือปนที่เข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำตาลมีหลายชนิด อาทิเช่น หิน ดิน ทราย กาบ ใบ ยอดอ้อย และเศษอะไหล่ เป็นต้น ซึ่งการทำความสะอาดหรือคัดแยกสิ่งเจือปนดังกล่าวจะดำเนินการก่อนนำอ้อยเข้าสู่ขั้นตอนการหีบสกัด โดยการติดตั้งเครื่องทำความสะอาดในตำแหน่งระหว่างสายพานลำเลียงขวางและสายพานลำเลียงหลัก การทำความสะอาดอ้อยมี 2 แบบ ได้แก่ แบบแห้งและแบบเปียก ซึ่งการทำความสะอาดแบบแห้งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น วิธีลมเป่า ร้อนผ่านตะแกรง และลูกกลิ้งคัดแยก สำหรับแบบเปียกจะใช้น้ำชำระล้าง อย่างไรก็ตามสามารถรวมหลายวิธีเข้าด้วยกันเพื่อให้ประสิทธิภาพการคัดแยกสิ่งเจือปนสูงขึ้น

คำสำคัญ : อ้อย สิ่งเจือปน กระบวนการผลิตน้ำตาล การทำความสะอาดแบบแห้ง

Abstract

Generally, several types of contaminants are found in sugar processing e.g. stone, soil, sand, leaves, top and steel etc. The cleaning or separation of contaminants is conducting before being processed in cane extraction. The cleaning machine is installed between side and main conveyor. There are 2 types for cane cleaning: dry and wet methods. The dry cleaning can be used in several methods such as air blow, screening and tynd drum. For the wet cleaning, water is used for washing. However, several cleaning methods can be combined to increase the efficiency of contaminant separation.

Keywords : Sugar cane, Contaminate, Sugar processing, Dry cleaning

* Corresponding author. Tel.: +66-4375-4316; Fax: +66-4375-4316

Email address: suphan.y@msu.ac.th

1. บทนำ

อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย เป็นอุตสาหกรรมเกษตรประเภทหนึ่งที่มีความสำคัญมากต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย น้ำตาลนอกจากจะใช้บริโภคภายในประเทศแล้วยังสามารถส่งออกน้ำตาล เป็นอันดับ 2 ของโลกรองจากประเทศบราซิล (ฤดูกาลผลิต 2553/54) [1] ซึ่งนำเงินรายได้เข้าสู่ประเทศปีละประมาณ 5-6 หมื่นล้านบาท คุณภาพของอ้อยที่นำมาเป็นวัตถุดิบของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่ง ซึ่งเป็นสาเหตุของความสูญเสียหลายประการในกระบวนการผลิตและส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิต ตลอดจนความสามารถในการแข่งขันของผลผลิตจากอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายของไทยในตลาดโลกเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะความสามารถในการแข่งขันด้านต้นทุนการผลิต [2,3]

คุณภาพของอ้อยที่นำมาเป็นวัตถุดิบขึ้นกับความบริสุทธิ์หรือความหวานของอ้อย และปริมาณสิ่งเจือปนในวัตถุดิบอ้อย ซึ่งพบว่ามีสิ่งเจือปนที่ปะปนเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำตาลอาทิเช่น หิน ดิน ทราย กาบ ใบ ยอดอ้อย และเศษอะไหล่ เป็นต้น มีปริมาณสิ่งเจือปนทั้งหมดระหว่าง 7.73-18.52 และ 5.81-15.29 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของอ้อยเข้าหีบ สำหรับการเก็บเกี่ยวโดยใช้แรงงาน และใช้รถตัดอ้อยตามลำดับ [4] ทั้งนี้หากมีสิ่งเจือปนในอ้อย 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของอ้อยเข้าหีบ จะทำให้สูญเสียน้ำตาลที่ควรจะได้ผลิตได้ประมาณ 0.64-0.91 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของกลุ่มบริษัทน้ำตาลไทยรุ่งเรืองที่พบว่า ฤดูกาลผลิต 2552/53 มีอ้อยเข้าหีบ 2.2 ล้านตันนั้น การปนเปื้อนในอ้อยทำให้โรงงานต้องสูญเสียรายได้จากการซื้อสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ที่ติดมาในราคาเดียวกับอ้อยและยังสูญเสียรายได้เนื่องจากสูญเสียน้ำตาลที่ควรผลิตได้อันเนื่องมาจากการปนเปื้อนเป็นมูลค่าประมาณ 35 ล้านบาท และ 40 ล้านบาทตามลำดับ ทั้งนี้หากประเมิน การสูญเสียรวมทั้งประเทศที่มีอ้อยเข้าหีบกว่าปีละ 70 ล้านตันแล้ว ประเทศไทยจะสูญเสียรายได้กว่า 2500 ล้านบาท [5,6]

การคัดแยกสิ่งเจือปนในกระบวนการผลิตน้ำตาลสามารถแบ่งออกเป็นสองช่วง คือ การคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากอ้อยก่อนเข้าขั้นตอนการหีบสกัด และหลังขั้นตอนการหีบสกัด

หรือออกจากน้ำอ้อย ในการคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากอ้อยก่อนเข้าขั้นตอนการหีบสกัดนั้น พบว่ามีเครื่องจักรกลในการคัดแยกสิ่งเจือปน ประเภท หิน ดิน ทราย กาบใบ ยอดเศษอะไหล่ ออกจากอ้อยลำและอ้อยท่อน ซึ่งมีทั้งระบบการทำความสะอาดแบบแห้ง และแบบเปียก ในขณะที่การคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากน้ำอ้อยนั้นมีการกรองการตกตะกอนด้วยทางกล และการตกตะกอนด้วยวิธีทางชีวเคมี และเพื่อให้ประสิทธิภาพการคัดแยกสูงขึ้นจึงมีการรวมหลายวิธีเข้าด้วยกัน [7-12]

บทความนี้ จะอธิบายถึงสาเหตุของการเกิดการเจือปนในอ้อย ปัญหาหรือผลกระทบต่อกระบวนการผลิตน้ำตาลที่เกิดขึ้นจากการเจือปนในอ้อย ตลอดจนวิธีการคัดแยกและทำความสะอาดกระบวนการผลิตน้ำตาล โดยมุ่งเน้นการทำความสะอาดอ้อยก่อนขั้นตอนการหีบสกัดที่พบในต่างประเทศและในประเทศไทย

2. สาเหตุการเกิดการเจือปนในอ้อย

ความสกปรกของอ้อย หมายถึง สิ่งเจือปน ได้แก่ ใบ ยอดอ้อย หิน ดินและทราย และอื่นๆ ที่ปะปนในอ้อย ซึ่งปัจจุบันมีวิธีการเก็บเกี่ยวอ้อย 3 รูปแบบ คือ การใช้แรงงานคนตัดและลำเลียงอ้อยขึ้นรถบรรทุก การใช้แรงงานคนตัดและใช้รถคืบอ้อยลำเลียงขึ้นรถบรรทุก และการใช้รถตัดอ้อย ซึ่งวิธีการสองแบบหลังนั้นมีสิ่งเจือปนสูง และจากการศึกษาเปอร์เซ็นต์สิ่งเจือปนของอ้อยที่ตัดส่งโรงงานของรุ่งรัตน์ กิจเจริญปัญญา และคณะ [13] วิชัย โอภาณุกุล และคณะ [4] ซึ่งให้เห็นว่า การใช้รถตัดอ้อยและการใช้รถคืบอ้อยลำเลียงขึ้นรถบรรทุกนั้นปริมาณสิ่งเจือปนจะสูงกว่าการใช้คนตัดและลำเลียงอ้อยขึ้นรถบรรทุก (ตารางที่ 1) และสอดคล้องกับ Qishuo et al. [14] ที่พบว่ารถตัดอ้อยในเขตจังหวัดกำแพงเพชรนิยมใช้วิธีการตัดอ้อยแบบตัดหวด (ตัดอ้อยวางเรียงบนพื้นและส่วนใหญ่จะตัดยอดอ้อยภายหลัง) แล้วใช้รถคืบอ้อยขึ้นรถบรรทุก มากที่สุดถึง 61 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีสิ่งเจือปน 13.22 เปอร์เซ็นต์ และโรงงานน้ำตาลกำแพงเพชร รายงานว่ามีปริมาณสิ่งเจือปน 15.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าสิ่งเจือปนตามมาตรฐานโลก ซึ่งควรมีไม่เกิน 5.6 เปอร์เซ็นต์ [13] ในภาพที่ 1 แสดงลักษณะการปนเปื้อนดินและทรายในอ้อย

ตารางที่ 1 ปริมาณสิ่งเจือปนในการตัดอ้อยรูปแบบต่างๆ

รูปแบบการตัดอ้อย	การลำเลียงอ้อยขึ้นรถบรรทุก	ปริมาณสิ่งเจือปน %
	แรงงานคน	5.77
	รถคีบอ้อย	7.18
อ้อยสดตัดยอดปกติ	แรงงานคน	12.58
	รถคีบอ้อย	14.92
อ้อยไฟไหม้ถ้ามีการตัดยอดใบที่เหลืออีกครั้งแล้วมัดวางกอง	แรงงานคน	7.81
	รถคีบอ้อย	8.79
อ้อยไฟไหม้ที่ไม่ตัดยอดใบ แล้วมัดวางเรียง	แรงงานคน	13.31
	รถคีบอ้อย	16.50
รถตัดอ้อย	-	7.73-18.52

ดัดแปลงจาก: รุ่งรัตน์ กิจเจริญปัญญา และคณะ [13] วิชัย โอภาณุกุล และคณะ [4]



รูปที่ 1 ลักษณะดินและทรายเจือปนในอ้อยที่ถูกบรรทุกเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำตาล [15]

3. ปัญหาของสิ่งเจือปนที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย

ปัญหาที่เกิดจากสิ่งเจือปนตามขั้นตอนการผลิตมีดังนี้

(1) ขั้นตอนการหีบสกัดอ้อย ซึ่งเป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการผลิตสิ่งเจือปนหลักที่ก่อผลกระทบคือ ดินและทรายที่เจือปนเข้ามากับอ้อยจะขัดสีเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง นับตั้งแต่อุปกรณ์เตรียมอ้อย สายพานลำเลียง ขั้วโซ่ ชุดลูกหีบ เป็นต้น ทำให้เครื่องมือและอุปกรณ์ดังกล่าวสึกหรอ ประสิทธิภาพการทำงานและอายุการทำงาน

ลดลงโดยเฉพาะประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์หีบสกัด โดยทั่วไปถ้าประสิทธิภาพการหีบสกัดลดลงเฉลี่ยทั่วประเทศเป็น 0.5 เปอร์เซ็นต์ จะเกิดความสูญเสียน้ำตาลเป็นมูลค่าประมาณ 369 ล้านบาท [3, 5, 16, 17] ในขณะที่ยอดอ้อย ใบ และกาบใบ เมื่อถูกหีบสกัดจะทำให้ได้แบ่งเจือปนในน้ำอ้อย หากมีการเจือปนในปริมาณมากแล้วจะส่งผลให้ได้ผลผลิตเป็นน้ำตาลคุณภาพต่ำ [18]

(2) ขั้นตอนการผลิตไอน้ำ กากอ้อยภายหลังการหีบสกัดจะถูกนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไอน้ำความดันสูง เพื่อนำมาใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งดินและทรายที่ผ่านอุปกรณ์หีบสกัดมาแล้ว บางส่วนจะเจือปนเข้ามากับกากอ้อยและจะเข้าไปขัดสีภายในห้องเผาไหม้ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน(ท่อน้ำ) อุปกรณ์คัดแยกฝุ่นและเถ้า ตลอดจนพัดลมดูดเข้าปล่องระบายความร้อน ซึ่งพบว่าความเสียหายที่เกิดขึ้น เช่น ทำให้ท่อน้ำสึกหรอและรั่วลงในเตาเป็นเหตุให้หม้อน้ำไม่สามารถผลิตพลังงานได้ส่งผลให้ต้องหยุดชะงักกระบวนการผลิต (ซึ่งฤดูกาลผลิตในแต่ละปีมีระยะเวลาประมาณ 100-120 วัน เท่านั้น) ทำให้ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นทั้งนี้การซ่อมแซมหม้อน้ำนั้นใช้เวลาหลายวัน [7,19]

(3) ขั้นตอนการทำใส น้ำอ้อยภายหลังการหีบสกัดซึ่งเรียกว่าน้ำอ้อยรวม จะถูกลำเลียงไปตามท่อเพื่อนำไปทำความสะอาด โดยการตกตะกอนที่ถังพักใสและกรองกากตะกอนที่หม้อกรองสุญญากาศ ในขั้นตอนนี้สิ่งเจือปนขนาดเล็ก รวมถึงดินและทรายที่ผ่านมาจากขั้นตอนหีบสกัดและเจือปนเข้ามากับน้ำอ้อยจะขัดสีและอุดตันท่อลำเลียง รวมถึงปั๊มและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ทำให้อัตราการทำงานลดลงหรือหยุดการทำงาน ซึ่งส่งผลกระทบต่ออัตราการทำงานของกระบวนการผลิตทั้งระบบ นอกจากนี้ถ้ามีดินและทรายเจือปนเข้ามามากส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำความสะอาดจะลดลง ทำให้สูญเสีย น้ำอ้อยบางส่วนไปกับกากตะกอน [7-19]

(4) ขั้นตอนภายหลังการทำใส ในกรณีที่สิ่งเจือปนเข้าไปในขั้นตอนการทำใสในปริมาณมากจนไม่สามารถแยกออกได้หมด สิ่งเจือปนบางส่วนจึงปนเข้ามากับน้ำอ้อยภายหลังการทำใส ยังจะส่งผลกระทบต่อขั้นตอนการผลิตและเป็นที่อยู่อาศัยของจุลินทรีย์ซึ่งเป็น

ช่องทางหนึ่งในการนำจุลินทรีย์เข้าสู่กระบวนการผลิต จุลินทรีย์บางชนิดทำให้เกิดการแปรรูปน้ำตาลซูโครสเป็น น้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตสในระหว่างดำเนินการผลิต บางชนิดยังทำให้น้ำอ้อยมีความหนืดเพิ่มขึ้นและเกิดผลึก น้ำตาลผิวน้ำ ซึ่งเหล่านี้ล้วนก่อให้เกิดปัญหาในการควบคุม คุณภาพผลิตภัณฑ์น้ำตาล [3,7] ในตารางที่ 2 ได้สรุปความ สูญเสียที่เกิดจากปัญหาของสิ่งเจือปน

ตารางที่ 2 ความสูญเสียที่เกิดจากปัญหาของสิ่งเจือปน

ความสูญเสีย	สาเหตุ	มูลค่าความเสียหาย
สูญเสียน้ำตาลไปกับกากอ้อย	ประสิทธิภาพการหีบ สกักตดลงเนื่องจากการ สึกหรอของลูกหีบ	เมื่อประสิทธิภาพเฉลี่ย ทัวประเทศลดลง 0.5 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 369 ล้านบาท
ผลิตน้ำตาลได้ต่ำกว่ากำหนด	สิ่งเจือปนที่ติดมากับอ้อย 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จะทำให้อายุการใช้น้ำตาลที่ ควรจะผลิตได้ ประมาณ 0.64-0.91 เปอร์เซ็นต์	เมื่อสิ่งเจือปน 1 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 300-450 ล้านบาท
ค่าซ่อมแซมบำรุงรักษา ค่าอะไหล่	ดิน ทราาย จะกัดกร่อน อุปกรณ์ในกระบวนการ ผลิตทำให้อายุการใช้งาน ลดลง ต้องเปลี่ยนอะไหล่ เร็วกว่ากำหนด	สำหรับประเทศไทยยัง ไม่พบข้อมูลการรายงาน ของมูลค่าความเสียหาย ในขณะที่ประเทศ ออสเตรเลียโรงงาน ละ 56 ล้านบาท และ ประเทศแอฟริกาใต้ 320 ล้านบาท

ดัดแปลงจาก: สมบัติ ขอทวีวัฒนา [7] Larrahohdo & Briceno [16] วัช ดินนังวัฒนะ [19]

4. วิธีการทำความสะอาดและคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากอ้อยก่อนการหีบสกัด

การทำความสะอาดและคัดแยกสิ่งเจือปนออกจาก อ้อยก่อนเข้าหีบ ที่พบในประเทศและต่างประเทศ มีดังนี้

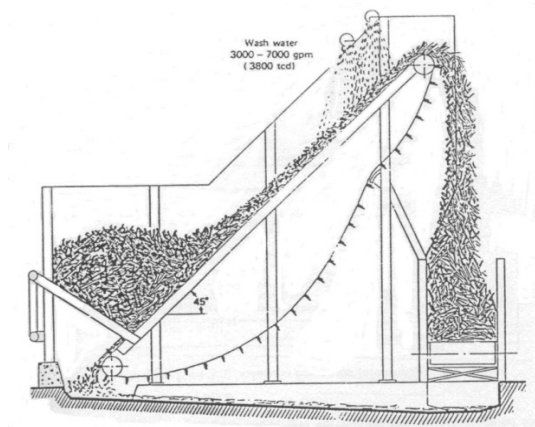
ในประเทศไทย สมบัติ ขอทวีวัฒนา [7] พบว่ามี การแยกสิ่งเจือปนประเภท ดิน ทราาย หินก้อนเล็ก กาบใบ ออกจากอ้อยเบื้องต้น แต่ไม่ปรากฏว่ามีการติดตั้งเครื่องมือ ทำความสะอาดตำแหน่งใดของการผลิตหรือใช้หลักการหรือ วิธีการแบบใดในการคัดแยก ซึ่งภาพที่ 2 แสดงการลำเลียง และรวบรวมสิ่งเจือปนที่คัดแยกได้



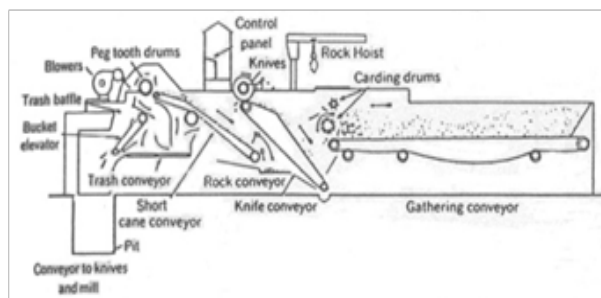
รูปที่ 2 สิ่งเจือปนที่คัดแยกได้จากอ้อย [7]

การทำความสะอาดอ้อยก่อนเข้าหีบในต่างประเทศ พบว่า มีเครื่องมือทำความสะอาดแบบเปี้ยกดภาพที่ 3 (น้ำ ลำ) และแบบแห้งดังภาพที่ 4 ซึ่งอาจติดตั้งระหว่างแท่นเท อ้อยกับสายพานลำเลียง หรือระหว่างสายพานลำเลียงขวาง (side carrier) กับสายพานลำเลียงหลัก (main carrier) ทั้งนี้ ในต่างประเทศมักเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยรถตัดอ้อยซึ่งทำให้อ้อย มีลักษณะเป็นท่อน ดังนั้นเครื่องทำความสะอาดจึงออกแบบ ให้เหมาะสมกับลักษณะของอ้อยท่อนดังกล่าว

Rivalland JFR [20] รายงานเกี่ยวกับการทำความสะอาด แบบแห้งมีข้อดีกว่าแบบเปียก คือ ประหยัดพลังงาน ไม่เกิดการสูญเสียซูโครสไปกับน้ำล้าง ซึ่งสอดคล้องกับ Chen & Chou [8] และ Jenkins [12] ซึ่งพบว่า เครื่องมือ ทำความสะอาดอ้อยแบบใช้น้ำล้างจำเป็นต้องใช้ปริมาณน้ำ และพลังงานเป็นจำนวนมาก อีกทั้งยังต้องมีระบบการคัดแยก สิ่งเจือปนออกจากน้ำล้างหากต้องการนำน้ำกลับมาใช้อีก หรือต้องมีการบำบัดน้ำเสียก่อนการระบายทิ้ง



รูปที่ 3 ภาพร่างเครื่องทำความสะอาดแบบเปียก (CAMEO 450) [8]



รูปที่ 4 ภาพร่างเครื่องทำความสะอาดแบบแห้ง (HSPA patented dry cleaning) [8]

5. งานวิจัยและผลงานสิ่งประดิษฐ์การทำความสะอาดอ้อย

5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคัดแยก ก้อนหิน ดินและทรายออกจากอ้อยลำ

การคัดแยกก้อนหิน ดินและทรายออกจากอ้อยลำนั้นจะดำเนินการก่อนขั้นตอนการหีบสกัด เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซม บำรุงรักษาเครื่องมือและอุปกรณ์ในกระบวนการผลิตที่ได้รับความเสียหายทั้งก่อนและขั้นตอนหลังการหีบสกัด ซึ่งตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับติดตั้งเครื่องคัดแยกดินและทรายออกจากกระบวนการผลิตน้ำตาลคือ ตำแหน่งปลายสายพานลำเลียงขวาง [21] จากการรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่ามีการใช้หลักการทำงาน

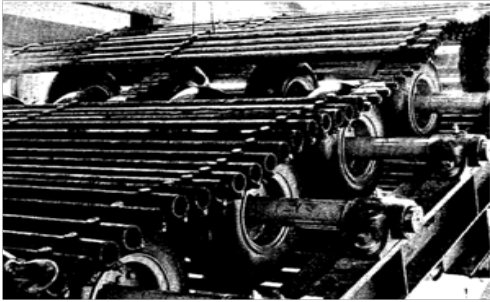
โดยการให้วัตถุขนาดเล็ก(สิ่งเจือปน)ร่วงผ่านรูตะแกรงช่องว่างระหว่างลูกกลิ้ง ซึ่งมีหลายแบบด้วยกัน คือ ตะแกรงฐานเรียบร่วมกับลูกกลิ้งคัดแยก ลูกกลิ้งที่มีเดือย ชุดลูกกลิ้งที่ติดตั้งให้มีช่องว่าง และการติดตั้งทอกลมให้มีช่องว่าง เป็นต้น [9, 20, 21, 22] ซึ่งสามารถอธิบายการทำงานดังนี้

1) ตะแกรงฐานเรียบร่วมกับลูกกลิ้งคัดแยก โดยหลักการนี้ใช้วิธีการคือ ให้ดินและทรายที่มีขนาดเล็กกว่าอ้อยถูกแยกออกจากอ้อยด้วยลูกกลิ้งและลอดผ่านรูตะแกรงฐานเรียบ การติดตั้งลูกกลิ้งแบบลดหลั่นช่วยให้มัดอ้อยตกกระทบบนตะแกรงในลำดับขั้นต่อมาเป็นผลให้แยกดินและทรายออกจากกัน สามารถคัดแยกดินและทรายออกจากอ้อยได้เฉลี่ย 93.68 เปอร์เซ็นต์ สามารถคัดแยก 548.7 ตันอ้อยต่อชั่วโมงลดปริมาณดินและทรายที่เจือปนในกระบวนการผลิตได้ 14.71 กิโลกรัมดินต่อตันอ้อย ซึ่งจะสามารถลดต้นทุนการผลิตได้ไม่น้อยกว่า 11.77 บาทต่อตันอ้อย [20]

2) ลูกกลิ้งที่มีเดือย เป็นลูกกลิ้งขนาดใหญ่ที่ติดตั้งเดือยรอบลูกกลิ้งสำหรับเกี่ยวมัดอ้อย เมื่อลูกกลิ้งหมุนจะลำเลียงมัดอ้อยไปยังสายพานต่อไปในขณะที่ก้อนหินขนาดใหญ่ ทรายและสิ่งเจือปนอื่นๆ จะหลุดออกจากอ้อยและร่วงหล่นลงสู่ด้านล่างของลูกกลิ้ง ซึ่งผลการศึกษาค้นคว้าพบว่าสามารถแยกก้อนหินขนาดใหญ่กว่า 350 มิลลิเมตร ได้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ และสามารถแยกดินและทรายได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยที่มัดอ้อยจะถูกแยกออกจากกันเข้าสู่สายพานลำเลียงหลักของกระบวนการได้ในระดับที่พอใช้ แต่ยังพบว่าอ้อยขนาดเล็กยังติดไปกับหินก้อนเล็ก [9]

3) ชุดลูกกลิ้งที่ติดตั้งให้มีช่องว่าง โดยการติดตั้งลูกกลิ้งให้มีระยะห่างเพื่อคัดแยก ตั้งแต่สองลูกขึ้นไป เมื่ออ้อยถูกลำเลียงเข้ามายังชุดลูกกลิ้ง ดินและก้อนหินจะถูกแยกออกจากอ้อยโดยร่วงหล่นผ่านช่องว่างระหว่างลูกกลิ้ง [22]

4) การติดตั้งทอกลมให้มีช่องว่าง โดยติดตั้งให้มีลักษณะเป็นสายพานลำเลียง ทอกลมถูกติดตั้งกับโซ่ให้มีลักษณะเป็นระแนงที่มีระยะห่าง 16 มิลลิเมตร เพื่อคัดแยกหินก้อนเล็กๆ ออก และด้านล่างของชุดลำเลียงนี้ติดตั้งล้อช่วยรองรับน้ำหนักของอ้อยและอุปกรณ์ดังกล่าว (รูปที่ 5) [20]



รูปที่ 5 เครื่องทำความสะอาดอ้อยแบบติดตั้งทอกลมกับโซ่ลำเลียง เพื่อแยกดินและก้อนหินขนาดเล็ก [20]

5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคัดแยกใบ กาบใบ ยอดและสิ่งเจือปนอื่นๆออกจากอ้อย

จากการรวบรวมงานวิจัย พบว่า หลักการคัดแยกใบ กาบใบ ยอดและสิ่งเจือปนอื่นๆที่มีน้ำหนักเบากว่าอ้อยออก นั้นโดยส่วนใหญ่ใช้ลมเป่าเป็นหลัก และพบว่ามีกรเป่าร่วมกับหลักการอื่นด้วย เช่น สายพานลำเลียงสะเทือน ซึ่งการใช้ลมเป่าจะใช้ลำอากาศเป่าไปยังสิ่งเจือปนโดยตรง หรือพัดลมทำความสะอาดเป่าไปยังอ้อยเพื่อแยกใบ กาบอ้อย และสิ่งเจือปนอื่นๆ ที่มีน้ำหนักเบากว่าอ้อยออก [20 23, 24] ในภาพที่ 6 แสดงการคัดแยกใบ กาบใบ และยอดอ้อยออกจากอ้อยที่เก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยของ Hobson & Schembri [24] สามารถคัดแยกได้ครั้งละประมาณ 400-600 กิโลกรัม โดยมีอ้อยสูญเสียไปกับสิ่งเจือปนไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 6 เครื่องคัดแยกใบและยอดอ้อยระบบลมเป่า [24]

5.3 ผลงานสิ่งประดิษฐ์เครื่องทำความสะอาดอ้อยในประเทศไทย

จากการตรวจสอบเอกสารสิทธิบัตรและอนุสิทธิบัตรสิ่งประดิษฐ์ในประเทศไทย มีดังต่อไปนี้

1) ชุดเครื่องจักรที่ใช้แยกดินทรายออกจากอ้อยก่อนเข้าหีบ (เลขที่อนุสิทธิบัตร 698) เป็นผลงานการประดิษฐ์ที่ใช้ในทางพาณิชย์ของบริษัทน้ำตาลพิษณุโลก [25] ซึ่งติดตั้งไว้ที่ตำแหน่งระหว่างสายพานขวาง (Side carrier) และสายพานหลัก (Main carrier) มีส่วนเครื่องจักรสำคัญสองส่วนคือ ชุดลูกกลิ้งคัดแยกดินและทราย กับชุดคัดแยกเศษอ้อย โดยมีหลักการทำงาน คือ อ้อยจะถูกลำเลียงเข้าสู่เครื่องคัดแยกนี้ด้วยลูกกลิ้งตะอ้อย เมื่ออ้อยอยู่บนชุดลูกกลิ้งอ้อยจะถูกลำเลียงและสั่นโดยฟันลูกกลิ้ง ดินและทรายเมื่อหลุดออกจากมัดอ้อยแล้วจะร่วงผ่านช่องว่างระหว่างลูกกลิ้ง (ซึ่งในส่วนนี้พบว่ามีเศษอ้อยเป็นชิ้นเล็กๆ ติดมาเป็นจำนวนมาก) แล้วจะถูกนำเข้าสู่ชุดเครื่องจักรสำหรับคัดแยกเศษอ้อยกลับเข้าสู่ขั้นตอนการผลิต โดยผ่านตะแกรงทรงกระบอกหมุน

2) เครื่องคัดแยกดินและทรายออกจากอ้อยก่อนเข้าหีบ (เลขที่อนุสิทธิบัตร 5739) มีตำแหน่งติดตั้งเช่นเดียวกับข้างต้น โดยติดตั้งตะแกรงฐานเรียบร่วมกับลูกกลิ้งให้มีลักษณะเรียงต่อเนื่องและลดหลั่นกัน หลักการทำงานคือ เมื่ออ้อยถูกลำเลียงเข้าสู่เครื่องคัดแยกนี้ มัดอ้อยจะถูกลำเลียงด้วยฟันลูกกลิ้งและตกกระแทกบนตะแกรงฐานเรียบเป็นผลทำให้ดินและทรายหลุดออกจากมัดอ้อยและร่วงผ่านรูตะแกรงไปยังถาดรองรับ ส่วนอ้อยและดินที่เหลืออยู่บนตะแกรงจะเคลื่อนที่ลงตามผิวตะแกรงที่มีความลาดเอียงด้วยแรงโน้มถ่วงลงสู่ลูกกลิ้งลำดับต่อไป และจะเกิดการคัดแยกซ้ำจนกว่าจะเคลื่อนที่ผ่านชุดลูกกลิ้งคัดแยกครบทุกชุดอ้อยจึงตกสู่สายพานลำเลียงหลักต่อไป [26]

6. บทสรุป

ปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดการเจือปนในอ้อย คือรูปแบบการเก็บเกี่ยวอ้อย โดยเฉพาะการใช้รถตัดอ้อย และรถคีบอ้อย แพนแรงงานคน ซึ่งพบว่ามี หิน ดิน ทราย กาบใบ ยอดอ้อย และเศษอะไหล่ เป็นต้น ถูกนำเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำตาลซึ่งส่งผลทำให้เครื่องจักรเสียหายโดยตรง ผลผลิตน้ำตาลมีคุณภาพ ต่ำ และปริมาณน้ำตาลที่ควรผลิตได้ลดลง

การติดตั้ง เครื่องทำความสะอาดล้อก่อนการหีบสกัดเป็นวิธีที่ช่วยลดผลกระทบจากการเจือปน โดยวิธีการทำความสะอาดแบบแห้งสามารถคัดแยกหิน ดินและทราย ด้วยตะแกรง ลูกกลิ้งคัดแยก ส่วนใบ กาบ และยอดข้อยใช้ลมในการเป่าแยก

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Illovo. International Sugar Statistics. [cited 2012 March 4] . Available from: URL: http://www.illovo.co.za/World_of_sugar/Sugar_Statistics/International.aspx 2012.
- [2] Office of the Cane and Sugar Board. [Cited 2012 March 5]. Available from: URL: <http://www.ocsb.go.th/th/home/index.php>.
- [3] Khotavivattana S. Sugar Technology. Bangkok: Kasetsart University; 2003. (In Thai).
- [4] Opanukul W., Nakwattananukul S., Jongsukwai K., Tunhaw M., Tongdaeng B., Sarntoonpituk D. and Sookniyom S. Study of Sugarcane Harvester Used in Thailand. The 13th Annual conference of Thai society of Agricultural Engineering. Imperial Mae Ping Hotel, Chiang Mai, Thailand. 4-5 April 2012. (In Thai).
- [5] Werathavorn, P. Trash in cane, is the farmer loss or profit?. Chaiyaphum, Thailand: Mitr Phol Sugarcane Research Center; 2003. (In Thai).
- [6] Ra-gubpit S. Thai Roong Ruang Group, the head of Thailand's largest sugar producer. Engineering today. 8(91) Jul 2011: 56-59. (In Thai).
- [7] Khotavivattana S . Study on improving the efficiency of sugarcane extraction. Office of the Cane and Sugar Board; 2003.
- [8] Chen JCP, Chou CC. Cane Sugar Handbook. 12th ed. New York: John Wiley &Son; 1993.
- [9] Du Plooy D.E. Rock and sand removal at TSB's Komati Mill [Abstract]. Proceedings of the annual congress-South African Sugar Technologist's Association 1994; 153-155.
- [10] Mathur RBL. Handbook of cane sugar technology (Together with description of the machinery). India: National Book Trust; 1975.
- [11] Meade GP, Chen JCP. Meade-Chen cane sugar handbook: a manual for cane sugar manufacturers and their chemists. New York: Wiley; 1977.
- [12] Jenkins GH. Introduction to cane sugar technology. Netherlands: Elsevier Science; 1966.
- [13] Kitcharoenpanya R, Butrach S, Somudon C, Nanan B, Tinnangwattana T. A study of green cane, burn cane: the weight, the sweetness of sugar cane and the percentage of contamination into sugar mill. Office of the Cane and Sugar Board; 2003. (In Thai).
- [14] Qishuo D, Tangwongkit R, Tangwongkit B. Manual sugarcane harvesting system vs. mechanical harvesting system in Thailand. Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America. 2004; 35: 33-36, 66.
- [15] Yangyuen S. A study and development of a process for the removal of soil and sand from sugarcane in order to reduce soil and sand contamination in sugar processing [Ph.D. Thesis]. Khon Kaen University; 2008 (In Thai).
- [16] Bacchi M.A, Fernandes E.AN. Natural radionuclides as dirt tracers in sugar cane consignments. Journal of Radio Analytical and Nuclear Chemistry. 1998; 235(1-2), p. 179-183.

- [17] Larrahohdo J, Briceno C. Sucrose losses in processes prior to mill operation: experiences in the Colombian sugar industry. *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.* 2001; 24: p343-344.
- [18] Leardprasertrat K, Pliansinchai U, Prasertsak P, Lairungreung C, Thumtong P. Low sugarquality affected by high starch content. *Proceedings of 41th Kasetsart University Annual Conference: Plants, Agricultural Extension and Communication.* Bangkok, Thailand. 3-6 February 2003. (In Thai).
- [19] Tinnangwattana. Modern sugarcane farm. Udon Thani, Thailand: Office of the Cane and Sugar Board; 2000. (In Thai).
- [20] Rivalland JFR. Dry cane cleaning: the Mauritius experience. *Sugar y Azucar.* 1999; 94: 35-36.
- [21] Yangyuen S, Wongpichet S. Cane Soil Removal in Thailand to aid Sugar Processing. *Int Sugar J.* 2008; 110(1316):469-500.
- [22] International Society of Sugar Cane Technology. The effect of field mechanization on factory performance, Workshop-Veracruz, Mexico 24-28 November 1997 [Cited 2012 March 7] Available from: URL: <http://issct.intnet.mu/french/meca.html>.
- [23] Oliveira RC, Coble CG. Pneumatic vibratory cleaner conveyor for sugarcane. *ASAE Paper.* USA: American Society of Agricultural Engineering, St Joseph, MI; 1983.
- [24] Hobson P, Schembri M. SRI Annual Report 2001 [Abstract]: Trash separation prototype plant at Condong Mill [cited 2003 July 7]. Available from http://www.sri.org.au/SRI_2001.pdf land. 15 October 2010. (In Thai).
- [25] Suk-un W, inventor; The set of machine for sand removal from sugarcane before cane extraction. assignee; Phitsanulok Sugar Co., Ltd. DIP Thailand. 17 June 2002. (In Thai).
- [26] Yangyuen S, inventor; The sand removal machine from sugarcane before cane extraction. assignee; Post harvest technology Innovation Center and Khon Kaen University DIP Thailand. 15 October 2010. (In Thai).