บทที่ 4
ผลการศึกษา

จากการเก็บข้อมูลโดยการสังเกต และสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิต ผู้ศึกษาสามารถประเมินหาสาเหตุการสูญเสียในกระบวนการผลิตข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง และสามารถนำเอาเทคโนโลยีสะอาดไปประยุกต์ใช้เพื่อลดการสูญเสียโดยแบ่งผลการศึกษาเป็น 5 ส่วน ได้แก่ ผลการสำรวจสถานสภาพทั่วไปของโรงงาน ผลการประเมินเบื้องต้น ผลการประเมินละเอียด ผลการศึกษาความเป็นไปได้ และผลการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาด

4.1 ผลการสำรวจสถานภาพทั่วไปของโรงงาน

บริษัท ซันสวีท จำกัด เป็นโรงงานผลิตข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องรายใหญ่ในภาคเหนือ ตั้งอยู่ที่ ต.ทุ่งสะโตก อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่ ดำเนินธุรกิจโดยมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จนสามารถขยายเข้าสู่ตลาดอุตสาหกรรมอาหารในฐานะผู้ผลิต และจัดจำหน่ายผลิตผลแปรรูปทางการเกษตรประเภทผักและผลไม้บรรจุกระป๋องรายใหญ่แห่งหนึ่งของประเทศไทย โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง ซึ่งเป็นสินค้าหลักของบริษัทฯ สามารถจัดจำหน่ายไปยังประเทศต่างๆทั่วโลก โดยมีฐานการส่งออกไปยังหลายประเทศ โดยเฉพาะทวีปยุโรป อเมริกา แคนนาดา รวมถึงในแถบเอเชีย เช่น ญี่ปุ่น และไต้หวัน จากข้อมูลในปี พ.ศ.2548 โรงงานมีพนักงานทั้งสิ้น 300 คน มีการผลิต 24 ชั่วโมงต่อวัน เดือนละ 30 วัน โดยทำการผลิตต่อเนื่องทุกวัน มีพื้นที่การผลิตทั้งสิ้น 41 ไร่ อาคารผลิตมีพื้นที่ประมาณ 10,000 ตารางเมตร ผลิตข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง และซุปข้าวโพดบรรจุกระป๋องเป็นผลิตภัณฑ์หลัก โดยมีกำลังการผลิตประมาณ 14,451 ตันต่อปี โดยผลิตภัณฑ์ที่ส่งออกไปจะมีการกำหนดยี่ห้อตามแต่ลูกค้ากำหนด ผลจากการสำรวจกระบวนการผลิต สามารถอธิบายขั้นตอนการผลิตข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องได้ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

1. <u>รับข้าวโพดหวานเข้าสู่โรงงาน</u> รถบรรทุกนำข้าวโพดลงที่บริเวณลานพักข้าวโพด (ภาพที่ 4.1) ซึ่งแยกจากอาคารผลิต

ภาพที่ 4.1 พนักงานลำเลียงข้าวโพดลงบริเวณจุดรับข้าวโพด

2. <u>ตรวจสอบคุณภาพ</u> สุ่มฝักข้าวโพด เพื่อคัดฝักที่มีตำหนิออก เช่น ฝักอ่อน ฝักแก่ ฝักที่แมลงเจาะ และฝักที่ไม่ได้ขนาด ไม่สามารถนำไปผลิตได้ ซึ่งจะถูกแยกไปทิ้ง

3. <u>ตัดหัวข้าวโพด</u> โดยพนักงานจะทำการตัดหัวข้าวโพด เพื่อเตรียมนำเข้าสู่อาคารผลิตต่อไป (ภาพที่ 4.2)

ภาพที่ 4.2 พนักงานตัดหัวข้าวโพด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. นึ่งข้าวโพด ฝักข้าวโพดถูกลำเลียงเข้าสู่ส่วนอาคารผลิตโดยผ่านสายพานเข้าสู่ส่วนนึ่งด้วยไอน้ำที่มีอุณหภูมิประมาณ 70-80 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 4.3) ความร้อนจะทำให้เปลือกข้าวโพดอ่อนตัวปอกเปลือกได้ง่าย

ภาพที่ 4.3 เครื่องนึ่งข้าวโพด

5. ปอกเปลือกข้าวโพด ลำเลียงฝักข้าวโพดเข้าเครื่องปอกเปลือก (Husker) (ภาพที่ 4.4) เพื่อแยกเอาเปลือกออก ฝักข้าวโพดที่ยังปอกเปลือกไม่หมด พนักงานจะนำไปปอกด้วยมืออีกครั้ง (ภาพที่ 4.5)

ภาพที่ 4.4 เครื่องปอกเปลือกข้าวโพด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 4.5 การปอกเปลือกฝักข้าวโพดด้วยพนักงาน

6. <u>ตัดเมล็ดข้าวโพด</u> นำข้าวโพดที่ผ่านการปอกเปลือกแล้วเข้าสู่ขั้นตอนการตัดเมล็ดข้าวโพดออกจากซังโดยเครื่องตัดเมล็ด (Corn Cutter) (ภาพที่ 4.6)โดยฝักข้าวโพดจะผ่านไปตามสายพานลำเลียง โดยนำด้านปลายของฝักข้าวโพดเข้าสู่เครื่องตัดเมล็ด ด้วยพนักงาน จากนั้นเครื่องจะตัดเมล็ดและแยกซังข้าวโพดออกทางด้านล่างของตัวเครื่อง

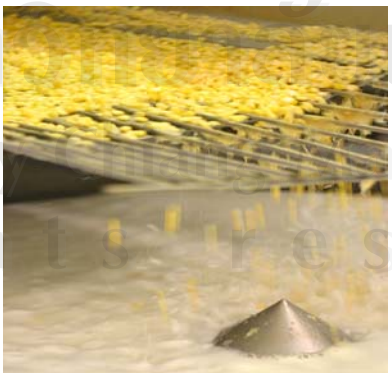
ภาพที่ 4.6 พนักงานนำข้าวโพดเข้าสู่เครื่องตัดเมล็ด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

7. ร่อนเมล็ดข้าวโพดด้วยตะแกรงร่อนหยาบ เมล็ดข้าวโพดถูกลำเลียงผ่านสายพานเข้าสู่ตะแกรงร่อนหยาบ (ภาพที่ 4.7) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ทำการแยกสิ่งปลอมปน หรือตำหนิอื่น ๆ ที่ไม่ต้องการออกจากเมล็ดข้าวโพด เช่น เศษเปลือกข้าวโพด เศษเส้นไหม เมล็ดข้าวโพดที่ผ่านขั้นตอนนี้ส่วนใหญ่จะยังมีส่วนตำหนิอื่น ๆ ติดไปบ้างแต่ก็มีในปริมาณน้อย ซึ่งจะถูกกำจัดในขั้นตอนร่อนละเอียดในภายหลัง

ภาพที่ 4.7 การร่อนเมล็ดข้าวโพดด้วยตะแกรงร่อนหยาบ

8. ล้างเมล็ดข้าวโพด ด้วยเครื่องล้างเมล็ด (Floatation Cleaner) ซึ่งเครื่องนี้จะทำการแยกเศษเมล็ดแตก ไหม ที่ปะปนอยู่ออกไปโดยใช้หลักการการลอยตัว ซึ่งไหมมีน้ำหนักเบากว่าเมล็ดข้าวโพดจะลอยอยู่บนผิวน้ำ และแยกออกมาภายหลัง ส่วนเมล็ดข้าวโพดจะตกลงสู่ด้านล่างของเครื่องล้างเมล็ด (ภาพที่ 4.8)



ภาพที่ 4.8 การล้างเมล็ดข้าวโพดด้วยเครื่องล้างเมล็ด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

9. ร่อนเมล็ดข้าวโพดด้วยตะแกรงร่อนละเอียด เพื่อคัดตำหนิเมล็ดข้าวโพดโดยผ่านตะแกรงร่อนละเอียด (ภาพที่ 4.9) ตำหนิที่พบ ได้แก่ เมล็ดเศษเล็ก เมล็ดที่ผ่านขั้นตอนนี้จะถูกลำเลียงไปตามสายพานเพื่อรอการบรรจุกระป๋อง

ภาพที่ 4.9 ตะแกรงร่อนละเอียด

10. ตรวจจับโลหะ เมล็ดข้าวโพดถูกลำเลียงเข้าสู่เครื่องตรวจจับโลหะ (Metal Detector) เพื่อกำจัดเศษโลหะที่ปะปนมากับเมล็ดข้าวโพด

11. คัดตำหนิ ครั้งสุดท้ายก่อนการบรรจุโดยพนักงาน (ภาพที่ 4.10) ตำหนิที่ต้องคัดออก ได้แก่ เส้นไหม เมล็ดเศษเล็ก เมล็ดแตก รวมถึงเม็ดเสียที่ยังเหลืออยู่ โดยขั้นตอนนี้นับว่ามีความสำคัญมาก เพราะหากไม่มีการควบคุมที่ดีพออาจทำให้มีตำหนิผ่านเข้าสู่ขั้นตอนการบรรจุ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ ได้ไม่มีคุณภาพหรือไม่ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้

ภาพที่ 4.10 การคัดตำหนิครั้งสุดท้ายด้วยพนักงานก่อนการบรรจุกระป๋อง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

12. <u>บรรจุข้าวโพดลงกระป๋อง</u> บรรจุเมล็ดข้าวโพดลงกระป๋องตามขนาดของกระป๋องเปล่า ซึ่งถูกลำเลียงจากคลังสินค้าผ่านรางปล่อยกระป๋อง โดยระหว่างลำเลียงจะมีการฉีดพ่นน้ำ เพื่อทำความสะอาดกระป๋องในระหว่างการบรรจุ โดยจะมีพนักงานคอยสุ่มชั่งน้ำหนักให้ได้ตามที่ต้องการ (ภาพที่ 4.11)

ภาพที่ 4.11 พนักงานบรรจุข้าวโพดลงกระป๋องตามน้ำหนักที่กำหนด

13. <u>เติมน้ำปรุง</u> ซึ่งเป็นส่วนผสมของเกลือและน้ำตาล และน้ำ ตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ โดยน้ำปรุงที่เตรียมแล้วจะถูกปั๊มจากหม้อเตรียมส่วนผสมเข้าสู่หม้อพักน้ำปรุง (ภาพที่ 4.12) ซึ่งมีการให้ความร้อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้กับน้ำปรุง โดยใช้ไอน้ำเป็นแหล่งความร้อน ซึ่งอุณหภูมิของน้ำปรุงที่ท่อจ่ายน้ำปรุงประมาณ 90-95 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 4.12 หม้อเตรียมส่วนผสมเพื่อทำเป็นน้ำปรุง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

14. ไล่อากาศ กระป๋องที่บรรจุเมล็ดข้าวโพดจะถูกลำเลียงเข้าสู่รางไล่อากาศ (ภาพที่ 4.13)

ภาพที่ 4.13 การไล่อากาศในข้าวโพดบรรจุกระป๋อง โดยเครื่องไล่อากาศ

15. ปิดฝากระป๋อง กระป๋องที่บรรจุข้าวโพดแล้ว จะลำเลียงเข้าสู่เครื่องปิดฝาอัตโนมัติ (ภาพที่ 4.14) เพื่อปิดฝากระป๋อง และรอการนำไปผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ

ภาพที่ 4.14 เครื่องปิดฝากระป๋องอัตโนมัติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

16. ฆ่าเชื้อ นำกระป๋องเข้าสู่หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (Retort) (ภาพที่ 4.15) โดยแต่ละหม้อจะมีการกำหนดสภาวะการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกัน โดยผู้ควบคุมการฆ่าเชื้อเป็นผู้กำหนดระยะเวลา อุณหภูมิการไล่อากาศ ความดัน และเหมาะสมของกระป๋อง

ภาพที่ 4.15 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ

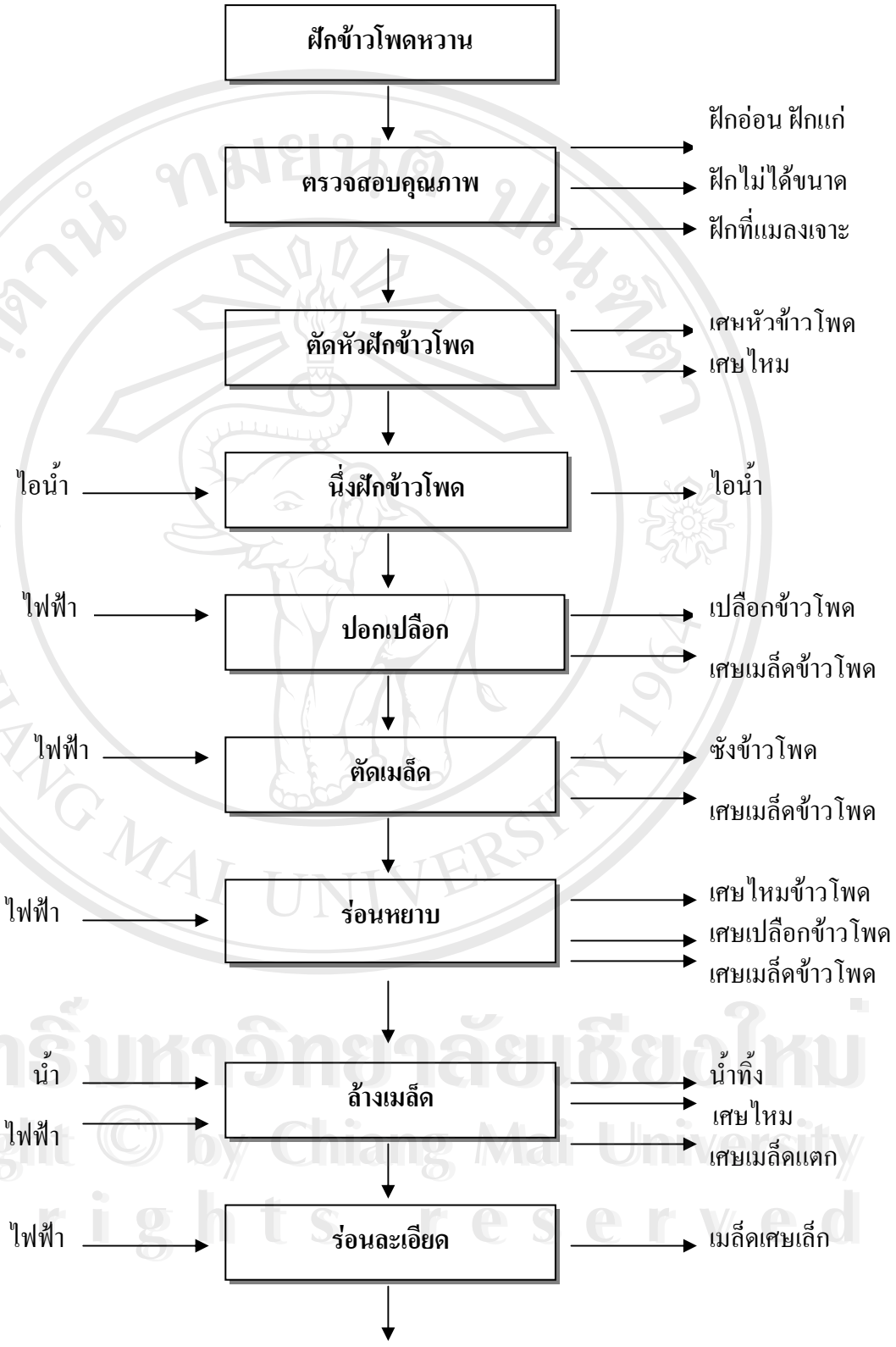
17. ตรวจสอบคุณภาพ คัดแยกกระป๋องที่มีลักษณะบุบ บวม และหน้าตึงออก รอการตรวจเช็คซ้ำอีกครั้ง สำหรับกระป๋องที่ผ่านการตรวจสอบแล้ว จะถูกลำเลียงนำไปเก็บรักษาที่ห้องคลังสินค้า

18. เก็บรักษา กระป๋องจะผ่านกระบวนการทำให้เย็น ทิ้งไว้ให้แห้ง จะถูกส่งไปยังอีกส่วนของอาคารผลิตเพื่อทำความสะอาดกระป๋องด้วยผ้าแห้งสะอาด เช็ดความชื้นที่กระป๋อง แล้วนำกระป๋องไปผ่านการเช็ดด้วย White Oil เพื่อป้องกันสนิม จัดเรียงกระป๋อง และหุ้มพลาสติกเพื่อเก็บรักษา

4.2 ผลการประเมินเบื้องต้น

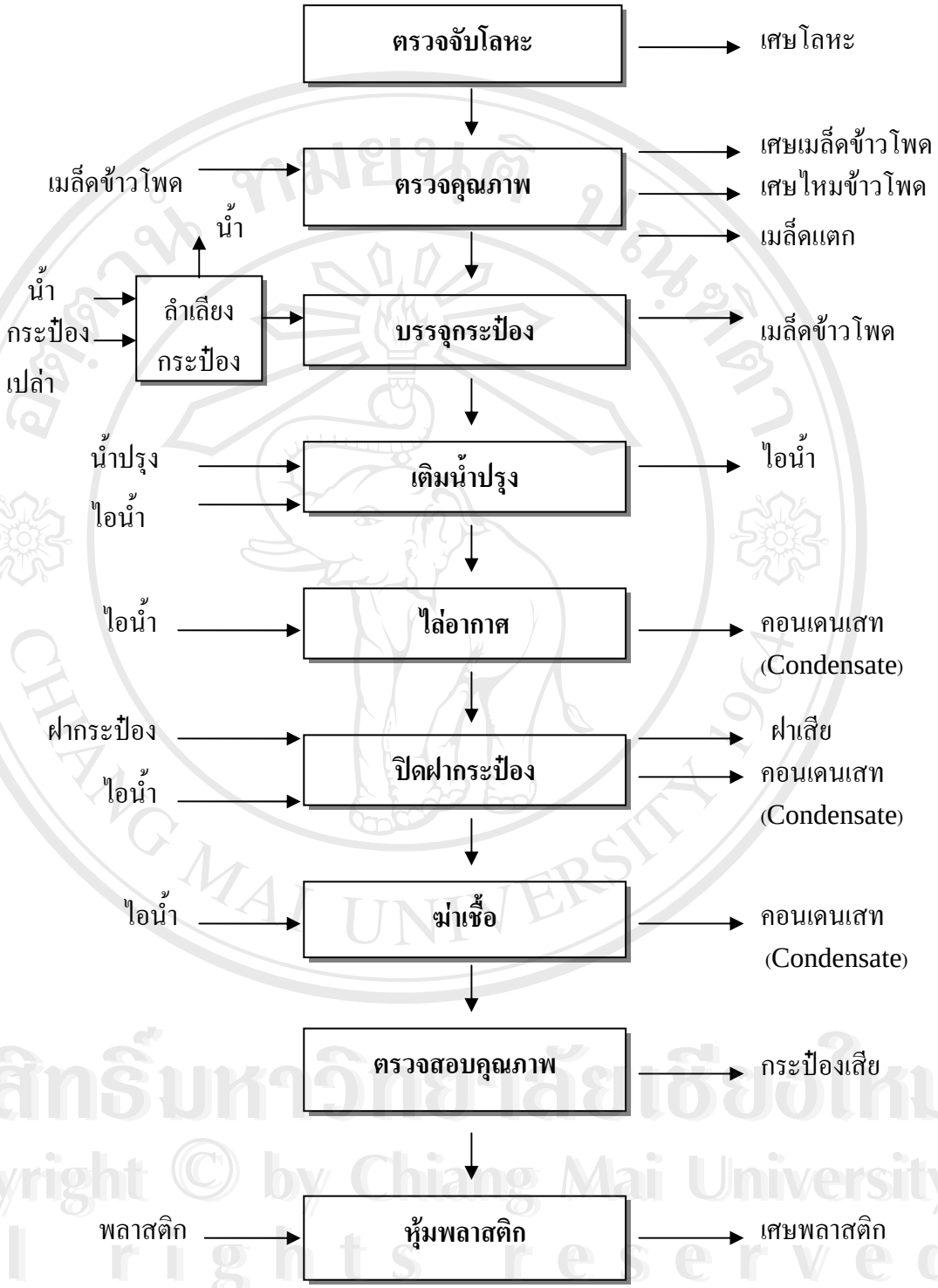
จากการสำรวจ และสัมภาษณ์ผู้รับผิดชอบในฝ่ายการผลิต สามารถเขียนแผนผังกระบวนการผลิต โดยระบุมวลสารเข้า – ออก ในกระบวนการ เพื่อประเมินการใช้ทรัพยากร และการสูญเสียในกระบวนการผลิตข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องดังภาพที่ 4.16

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.16 มวลสารและพลังงานเข้าและออกในกระบวนการผลิตข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.16 มวลสารและพลังงานเข้าและออกในกระบวนการผลิตข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง (ต่อ)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากข้อมูลการใช้ปัจจัยการผลิต(ตารางที่ 4.1) พบว่า ค่าเฉลี่ยของกำลังการผลิตอยู่ที่ 1,204.4 ตันต่อเดือน โดยระหว่างเดือนมี.ค.-ก.ย. จะมีการผลิตสูง เนื่องจากเป็นช่วงการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดจากไร่สู่โรงงาน (วิโรจน์, 2545) ทำให้โรงงานมีปริมาณวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการแปรรูปมาก ในเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคมจะมีการผลิตน้อย เนื่องจากมีปริมาณข้าวโพดที่เข้าสู่โรงงานน้อยลง โดยในเดือนธันวาคมมีกำลังการผลิตน้อยที่สุดคือ 598.8 ตัน อย่างไรก็ดีในเดือนมกราคมเป็นต้นไปจะมีกำลังการผลิตเพิ่มขึ้น เมื่อคิดปัจจัยการผลิตต่อตันของผลิตภัณฑ์ในแต่ละเดือน (ตารางที่ 4.2) พบว่าปริมาณวัตถุดิบที่ใช้โดยเฉลี่ยต่อเดือนอยู่ที่ 2.1 ตันต่อตันผลิตภัณฑ์ ซึ่งปริมาณการใช้วัตถุดิบมีความไม่แน่นอนในแต่ละเดือน โดยในเดือนกุมภาพันธ์มีการใช้วัตถุดิบน้อยที่สุดเป็น 1.4 ตันต่อตันผลิตภัณฑ์ ในขณะที่เดือนกรกฎาคมมีการใช้วัตถุดิบมากที่สุดเฉลี่ย 2.4 ตันต่อตันผลิตภัณฑ์

การใช้ไฟฟ้านั้นโดยเฉลี่ยมีการใช้อยู่ที่ 170.8 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตันของผลิตภัณฑ์โดยมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าน้อยที่สุดในเดือนสิงหาคม โดยใช้ไฟฟ้าทั้งสิ้น 128.2 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตันของผลิตภัณฑ์

ปริมาณการใช้น้ำในโรงงานนั้นมีการใช้เฉลี่ยเท่ากับ 7.0 ลูกบาศก์เมตรต่อตันของผลิตภัณฑ์ โดยใช้น้ำน้อยที่สุดในเดือนสิงหาคมเท่ากับ 5.3 ลูกบาศก์เมตรต่อตันของผลิตภัณฑ์

ปริมาณการใช้น้ำมันเตาเฉลี่ยเป็น 124.3 ลิตรต่อตันของผลิตภัณฑ์ โดยมีการใช้น้อยที่สุดในเดือนสิงหาคม เป็น 98.0 ลิตรต่อตันของผลิตภัณฑ์

ซึ่งจะเห็นได้ว่าในเดือนสิงหาคมมีปริมาณการใช้ปัจจัยการผลิตต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์หลายชนิด ได้แก่ การใช้ไฟฟ้า การใช้น้ำ และน้ำมันเตาต่ำที่สุดในรอบปี อีกทั้งยังมีปริมาณการผลิตที่สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเดือนอื่น แสดงให้เห็นว่าการผลิตในเดือนสิงหาคมได้มีการใช้ปัจจัยการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.1 การใช้ปัจจัยการผลิตในกระบวนการผลิตข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง

ปัจจัยการผลิต	การใช้ปัจจัยการผลิตต่อเดือน												ค่าเฉลี่ย
	เดือน												
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
กำลังการผลิต (ตัน)	1,020.7	1,210.0	1,405.8	1,350.4	1,416.7	1,459.6	1,328.1	1,510.0	1,334.6	990.5	827.8	598.8	1204.4
วัตถุดิบ (ตัน)	1,969.9	1,706.1	2,994.3	2,754.8	2,861.7	2,729.4	3,227.2	3,457.9	2,976.1	2,327.6	1,688.7	1,407.1	2,508.4
ไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	173,008.6	201,465.0	190,064.1	198,913.9	209,813.2	224,194.5	211,964.7	193,582.0	313,230.6	239,403.8	198,092.5	115,149.2	205,740.2
น้ำใช้ (ลบ.ม)	7,481.7	7,610.9	6,860.3	9,142.2	10,086.9	10,757.2	9,376.3	8,093.6	9,769.2	8,666.8	7,201.8	6,107.7	8,429.6
น้ำมันเตา (ลิตร)	135,242.7	196,020.0	179,239.5	160,157.4	153,286.9	170,977.5	157,645.4	147,980.0	196,052.7	126,288.7	104,882.2	65,868.0	149,740.1
เกลือ (ตัน)	4.0	3.3	5.6	5.4	5.6	5.8	4.5	6.0	8.0	6.9	4.1	2.9	5.2
น้ำตาล (ตัน)	27.5	41.1	33.7	24.3	36.8	29.1	27.8	36.2	40.0	30.7	19.0	15.5	30.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.2 การใช้ปัจจัยการผลิตโดยคิดต่อตันของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิตข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง

ปัจจัยการผลิต	การใช้ปัจจัยการผลิต (ต่อตันของผลิตภัณฑ์)												ค่าเฉลี่ยต่อเดือน	ค่าที่ดีที่สุด
	เดือน													
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.		
วัตถุดิบ (ตัน)	1.9	1.4	2.1	2.0	2.0	1.9	2.4	2.3	2.2	2.4	2.0	2.3	2.1	1.4
ไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	169.5	166.5	135.2	147.3	148.1	153.6	159.6	128.2	234.7	241.7	239.3	192.3	170.8	128.2
น้ำใช้ (ลบ.ม.)	7.3	6.3	4.9	6.8	7.1	7.4	7.1	5.4	7.3	8.8	8.7	10.2	7.0	5.4
น้ำมันเตา (ลิตร)	132.5	162.0	127.5	118.6	108.2	117.1	118.7	98.0	146.9	127.5	126.7	110.0	124.3	98.0
เกลือ (ตัน)	0.004	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.004	0.006	0.007	0.005	0.005	0.004	0.003
น้ำตาล (ตัน)	0.027	0.034	0.024	0.018	0.026	0.020	0.021	0.024	0.030	0.031	0.023	0.026	0.025	0.018

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากข้อมูลในตารางที่ 4.2 พบว่า การใช้วัตถุดิบเป็นประเด็นปัญหาที่ได้รับคะแนนสูงที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยการใช้วัตถุดิบเท่ากับ 2.1 ตันต่อตันของผลิตภัณฑ์ โดยมีค่าการใช้วัตถุดิบที่ดีที่สุดเท่ากับ 1.4 ตันต่อผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณค่าที่ดีที่สุดแตกต่างจากค่าเฉลี่ยถึง 0.7 ตันต่อตันของผลิตภัณฑ์ เมื่อคำนวณเป็นค่าร้อยละทางเทคนิคจะได้ ร้อยละ 33.3 ซึ่งแสดงว่ามีโอกาสในการลดการใช้วัตถุดิบมีมาก ประเด็นอื่นได้คะแนนทางเทคนิคเท่ากันคือ 3 โดยการใช้น้ำตาลเฉลี่ยเป็น 0.025 ตันต่อตันของผลิตภัณฑ์ และค่าที่ดีที่สุดได้ 0.018 ตันต่อตันของผลิตภัณฑ์ ได้ค่าร้อยละทางเทคนิคเป็น ร้อยละ 28.0 โดยปริมาณการใช้เกลือ ไฟฟ้า และน้ำมีค่าร้อยละทางเทคนิคเป็น 25.0, 24.9 และ 22.9 ตามลำดับ (คำนวณโดยใช้สมการที่2) ในขณะที่ปริมาณการใช้น้ำมันเตามีค่าร้อยละทางเทคนิคน้อยที่สุดเท่ากับ 21.1 ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การประเมินผลกระทบทางเทคนิค

รายการ	ค่าเฉลี่ย	ค่าที่ดีที่สุด	ร้อยละทางเทคนิค	คะแนนทางเทคนิค
วัตถุดิบ (ตัน/ตันน้ำหนักสุทธิของผลิตภัณฑ์)	2.1	1.4	33.3	4
เกลือ (ตัน/ตันน้ำหนักสุทธิของผลิตภัณฑ์)	0.004	0.003	25.0	3
น้ำตาล (ตัน/ตันน้ำหนักสุทธิของผลิตภัณฑ์)	0.025	0.018	28.0	3
ไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ตันน้ำหนักสุทธิของผลิตภัณฑ์)	170.8	128.3	24.9	3
น้ำใช้ (ลูกบาศก์เมตร/ตันน้ำหนักสุทธิของผลิตภัณฑ์)	7.0	5.4	22.9	3
น้ำมันเตา (ลิตร/ตันน้ำหนักสุทธิของผลิตภัณฑ์)	124.3	98.0	21.1	3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการประเมินด้านเศรษฐศาสตร์โดยใช้เกณฑ์ในตารางที่ 3.2 พบว่า ปริมาณการใช้วัตถุดิบมีคะแนนทางเศรษฐศาสตร์สูงสุดเท่ากับ 5 คะแนน เนื่องจากราคาต่อหน่วยของวัตถุดิบมีมูลค่าสูงโดยปริมาณการใช้วัตถุดิบเฉลี่ยต่อเดือนเป็น 2,508.4 ตัน คิดเป็นมูลค่า 7,525,200.00 บาท (โดยคำนวณจากสมการที่3)ในขณะที่ปริมาณการใช้น้ำมันเตาเฉลี่ยต่อเดือนเป็น 149,740.1 ลิตร คิดเป็นมูลค่า 2,246,101.50 บาท จึงมีคะแนนเป็นอันดับสองเท่ากับ 4 คะแนน ส่วนปริมาณการใช้ไฟฟ้ามีปริมาณการใช้เฉลี่ยต่อเดือนเป็น 205,740.2 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง คิดเป็นมูลค่า 545,211.50 บาทได้คะแนนทางเศรษฐศาสตร์เท่ากับ 2 ซึ่งเป็นอันดับที่สาม ในขณะที่ปริมาณการใช้น้ำมีปริมาณการใช้เฉลี่ยต่อเดือนเป็น 8,429.6 ลูกบาศก์เมตรคิดเป็นมูลค่า 61,283.20 บาท ส่วนปริมาณการใช้น้ำตาลและเกลือ คิดเป็นมูลค่ารวมประมาณ 54,279.20 บาท จึงได้คะแนนทางเศรษฐศาสตร์น้อยที่สุดคือเท่ากับ 1 (ตารางที่ 4.4)

ตารางที่ 4.4 การประเมินผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์

รายการ	ปริมาณใช้รวมต่อเดือน	ราคาต่อหน่วย (บาท)	มูลค่า (บาท)	คะแนน
วัตถุดิบ (ตัน)	2,508.4	3,000	7,525,200.00	5
น้ำมันเตา(ลิตร)	149,740.1	15	2,246,101.50	4
ไฟฟ้า(กิโลวัตต์/ชั่วโมง)	205,740.2	2.65	545,211.50	2
น้ำใช้(ลูกบาศก์เมตร)	8,429.6	7.27	61,283.20	1
เกลือ(กิโลกรัม)	5,219.0	3.17	16,544.20	1
น้ำตาล(กิโลกรัม)	30,188.0	1.25	37,735.00	1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อประเมินด้านสิ่งแวดล้อมโดยพิจารณาจากค่า ปริมาณ (Q:Quantity), ผลกระทบ (E:Effect) และการแพร่กระจาย (D:Distribute) (ตารางที่ 4.5) พบว่ามี 3 ประเด็นที่มีคะแนนสูงสุดเท่ากันได้แก่ประเด็นเรื่องน้ำมันเตา น้ำใช้ และวัตถุดิบโดยน้ำมันเตามีปริมาณการใช้มากถึง 1,796,881.2 ลิตรต่อปี ซึ่งน้ำมันเตามีการแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมได้รวดเร็วในรูปของไอน้ำทำให้มีค่า Q และ D สูง ส่วนปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้มีปริมาณเฉลี่ย 30,100.8 ตันต่อปี ซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมค่อนข้างมากเมื่อเปลี่ยนเป็นของเสีย เพราะยากต่อการกำจัดหรือเสื่อมสลายเองตามธรรมชาติ จึงมีค่า E สูง ในขณะที่ไฟฟ้ามีปริมาณการใช้สูงเป็น 2,468,882.4 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี เช่นเดียวกับปริมาณน้ำใช้มีปริมาณการใช้น้ำเป็น 101,155.2 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งมีปริมาณสูงและอาจมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเมื่ออยู่ในลักษณะของน้ำเสีย หรือน้ำเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิต ทำให้มีค่า Q และ E สูง ในขณะที่เกลือและน้ำตาลมีปริมาณการใช้น้อยมากเมื่อเทียบกับปัจจัยการผลิตอื่น อีกทั้งยังมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไม่มากนัก รวมถึงการแพร่กระจายเป็นไปได้น้อยจึงมีคะแนนเท่ากับ 1

ตารางที่ 4.5 การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

รายการ	ปริมาณเฉลี่ยต่อปี	Q	E	D	ผลรวม	คะแนน
น้ำมันเตา(ลิตร)	1,796,881.2	4	2	3	24	3
น้ำใช้(ลูกบาศก์เมตร)	101,155.2	3	3	2	18	3
วัตถุดิบ (ตัน)	30,100.8	4	4	1	16	3
ไฟฟ้า(กิโลวัตต์ชั่วโมง)	2,468,882.4	4	1	1	4	1
เกลือ(กิโลกรัม)	62,628.0	1	1	1	1	1
น้ำตาล(กิโลกรัม)	362,256	1	1	1	1	1

เกณฑ์การให้คะแนน Q×E×D น้อยกว่า 6 = 1
6-12 = 2
มากกว่า 12 = 3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อนำประเด็นทางเทคนิค เศรษฐศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม มาพิจารณาทำการถ่วงน้ำหนักตามวิธีการที่กำหนดไว้ (ตารางที่ 4.6) โดยให้ประเด็นทางเศรษฐศาสตร์มีค่าถ่วงน้ำหนักสูงที่สุดเป็น 0.6 เนื่องจากทางโรงงานให้ความสำคัญกับการลดต้นทุนการผลิต และความประหยัดที่จะได้รับมากที่สุด ส่วนด้านเทคนิคและด้านสิ่งแวดล้อมให้ความสำคัญเท่ากันโดยมีค่าถ่วงน้ำหนักเป็น 0.3 ซึ่งพบว่าการใช้วัตถุดิบมีคะแนนสูงที่สุดเป็น 5.1 คะแนน(โดยคำนวณจากสมการที่5) และการใช้น้ำมันเตานั้นมีคะแนนเป็นอันดับสองคือ 4.2 คะแนน ประเด็นการไฟฟ้ามีคะแนนเป็นอันดับสามเท่ากับประเด็นการใช้น้ำโดยมีคะแนนเป็น 2.4 คะแนน ส่วนประเด็นการใช้เกลือและน้ำตาลมีคะแนนรวมเป็นสองอันดับสุดท้ายได้คะแนน 1.8 เท่ากัน ผู้ศึกษาจึงเลือกประเด็นการใช้วัตถุดิบ ซึ่งมีคะแนนเป็นอันดับหนึ่ง เป็นประเด็นหลักสำหรับการนำเอาเทคโนโลยีสะอาดไปประยุกต์ใช้ และเลือกประเด็นการใช้น้ำมันเตาเป็นประเด็นรอง เพื่อศึกษาและจัดทำเป็นข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาดสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ต่อไปในอนาคต

ตารางที่ 4.6 การประเมินลำดับความสำคัญของปัญหา

ประเด็นปัญหา	ประเด็นทางเทคนิค		ประเด็นทางเศรษฐศาสตร์		ประเด็นทางสิ่งแวดล้อม		คะแนนรวม	ลำดับความสำคัญ
	คะแนน	ค่าถ่วงน้ำหนัก	คะแนน	ค่าถ่วงน้ำหนัก	คะแนน	ค่าถ่วงน้ำหนัก		
วัตถุดิบ (ตัน)	4	0.3	5	0.6	3	0.3	5.1	1
น้ำมันเตา(ลิตร)	3	0.3	4	0.6	3	0.3	4.2	2
ไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	3	0.3	2	0.6	1	0.3	2.4	3
น้ำใช้ (ลูกบาศก์เมตร)	3	0.3	1	0.6	3	0.3	2.4	3
เกลือ(กิโลกรัม)	3	0.3	1	0.6	1	0.3	1.8	4
น้ำตาล(กิโลกรัม)	3	0.3	1	0.6	1	0.3	1.8	4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3 ผลการประเมินละเอียด

จากผลการตรวจประเมินเบื้องต้น สามารถจัดลำดับความสำคัญของประเด็นการทำเทคโนโลยีสะอาด (ตารางที่ 4.6) โดยให้ความสำคัญกับวัตถุดิบคือข้าวโพดหวานเป็นประเด็นปัญหาหลัก และประเด็นเรื่องน้ำมันเตาเป็นประเด็นปัญหารอง จึงได้วางแผนในการเก็บข้อมูลละเอียดในสองส่วนดังกล่าว ซึ่งวิธีการเก็บข้อมูลมีรายละเอียดดังนี้

<u>การสูญเสียเมล็ดข้าวโพด</u>

2.1 เก็บข้อมูลกระบวนการผลิตข้าวโพดหวานในระยะเวลา 5 วันต่อเนื่องกันเพื่อทำการคำนวณสมดุลมวลสาร โดยเก็บข้อมูลแยกเป็นหน่วยการผลิต ได้แก่ หน่วยตัดเมล็ดข้าวโพด หน่วยร่อนหยาบ หน่วยล้างเมล็ด และหน่วยบรรจุกระป๋อง ดังนี้

2.1.1) หน่วยตัดเมล็ดข้าวโพด ทำการเก็บข้อมูลดังนี้

- เก็บน้ำหนักฝักข้าวโพดจากฝ่ายรับวัตถุดิบ
- เก็บน้ำหนักเปลือกข้าวโพดจากฝ่ายปอกเปลือก
- เก็บน้ำหนักซังข้าวโพดทิ้งต่อวันจากฝ่ายบัญชี

2.1.2) หน่วยร่อนหยาบ

- หาปริมาณเมล็ดข้าวโพดตกหล่น โดยใช้ตะแกรงรองใต้เครื่องร่อน ทำการชั่งและบันทึกน้ำหนัก

2.1.3) หน่วยล้างเมล็ด

- หาปริมาณเมล็ดข้าวโพดแตกที่ปล่อยทิ้ง โดยใช้ตะกร้ารองรับเมล็ดที่ถูกปล่อยออกทางใต้เครื่องล้างเมล็ด ทำการชั่งและบันทึกน้ำหนัก

2.1.4) หน่วยบรรจุกระป๋อง

- หาปริมาณเมล็ดข้าวโพดที่ตกหล่น โดยกวาดเมล็ดที่ตกหล่นบนพื้นบริเวณส่วนการบรรจุ ทำการชั่งและบันทึกน้ำหนัก

2.2 คำนวณสมดุลมวลสารในหน่วยปฏิบัติการ

<u>การสูญเสียน้ำมันเตา</u>

2.3 เก็บข้อมูลการใช้พลังงานไอน้ำในระยะเวลา 7 วัน เพื่อวิเคราะห์ว่าหน่วยปฏิบัติการใดมีการสูญเสียพลังงานไอน้ำมากที่สุด โดยเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไอน้ำจากหม้อไอน้ำ (Boiler) ท่อส่งผ่านไอน้ำ รางนึ่งข้าวโพด หน่วยบรรจุกระป๋อง และหน่วยเติมน้ำปรุง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3.1) เก็บข้อมูลส่วนของท่อไอน้ำที่ไม่ได้มีการหุ้มฉนวนภายในโรงงานดังนี้

- หาความยาวท่อ โดยใช้สายวัดมาตรฐาน 20 เมตร ทำการวัดและจดบันทึก
- เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ และความหนาของท่อโดยรวบรวมข้อมูลจากฝ่ายวิศวกรรม
- อุณหภูมิที่ผิวของท่อไอน้ำ โดยรวบรวมข้อมูลจากฝ่ายวิศวกรรม
- อุณหภูมิภายในท่อไอน้ำโดยรวบรวมข้อมูลจากฝ่ายวิศวกรรม
- ความดันภายในท่อไอน้ำ โดยรวบรวมข้อมูลจากฝ่ายวิศวกรรม

2.3.2) เก็บข้อมูลหม้อไอน้ำ (Boiler) โดยรวบรวมข้อมูลจากฝ่ายควบคุมหม้อไอน้ำ และข้อมูลจากสมุดคู่มือหม้อไอน้ำดังนี้

- ชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้
- ความดันไอน้ำที่ใช้
- อุณหภูมิที่ปล่องทางเข้า และออก
- อุณหภูมิของเชื้อเพลิง
- อุณหภูมิก๊าซไอเสีย
- อุณหภูมิน้ำป้อนเข้าสู่หม้อไอน้ำ
- ปริมาณน้ำป้อนเข้าสู่หม้อไอน้ำ
- ปริมาณออกซิเจนที่ปล่องทางออก
- เวลาทำงานของหม้อไอน้ำ
- ปริมาณน้ำมันเตาที่ใช้ต่อเดือน
- ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ จากข้อมูลการตรวจวัดของกรมโรงงาน

2.4 วิเคราะห์และระบุปัญหา

2.4.1) วิเคราะห์และระบุปัญหาการสูญเสียเม็ดข้าวโพดด้วยแผนภูมิก้างปลา

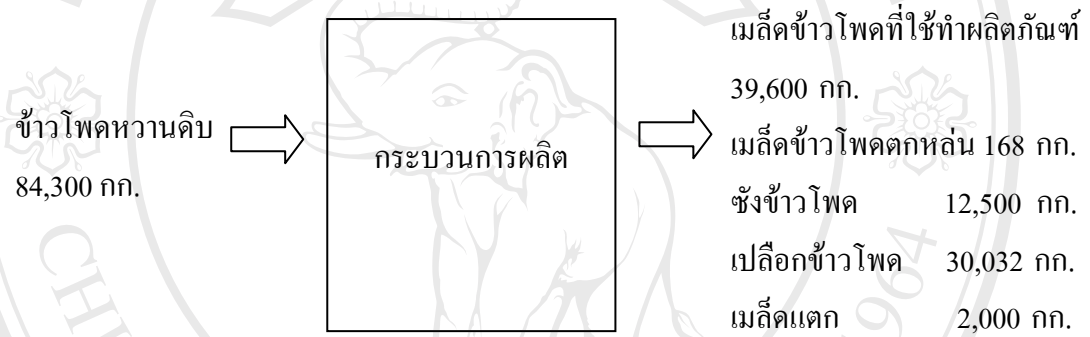
2.4.2) ระบุแนวทางแก้ไข และจัดลำดับความสำคัญของแนวทางแก้ไข

2.4.3) จัดทำข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สมดุลมวลสารของเมล็ดข้าวโพดหวานในกระบวนการผลิตข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง

จากการรวบรวมข้อมูล พบว่าข้าวโพดที่ใช้เป็นวัตถุดิบมีปริมาณ 84,300 กิโลกรัมต่อวัน เมื่อผ่านกระบวนการแล้วจะเหลือเป็นเมล็ดข้าวโพดดีที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์ทั้งสิ้น 39,600 กิโลกรัม โดยมีการสูญเสียในรูปของเปลือกและซังข้าวโพดรวม 42,532 กิโลกรัม (ภาพที่ 4.17) โดยทั่วไปแล้วกระบวนการผลิตข้าวโพดจะมีส่วนที่ไม่ได้นำไปใช้ เช่น ซังข้าวโพด เปลือกข้าวโพด ซึ่งเป็นส่วนที่จะต้องสูญเสียตามปกติ แต่จะเห็นได้ว่าในส่วนเมล็ดตกหล่นและเมล็ดแตกซึ่งเป็นส่วนที่ไม่ควรที่จะต้องเกิดการสูญเสียนั้น พบการสูญเสียของเมล็ดตกหล่นและเมล็ดแตกรวมกันมีปริมาณสูงถึง 2,168กิโลกรัม

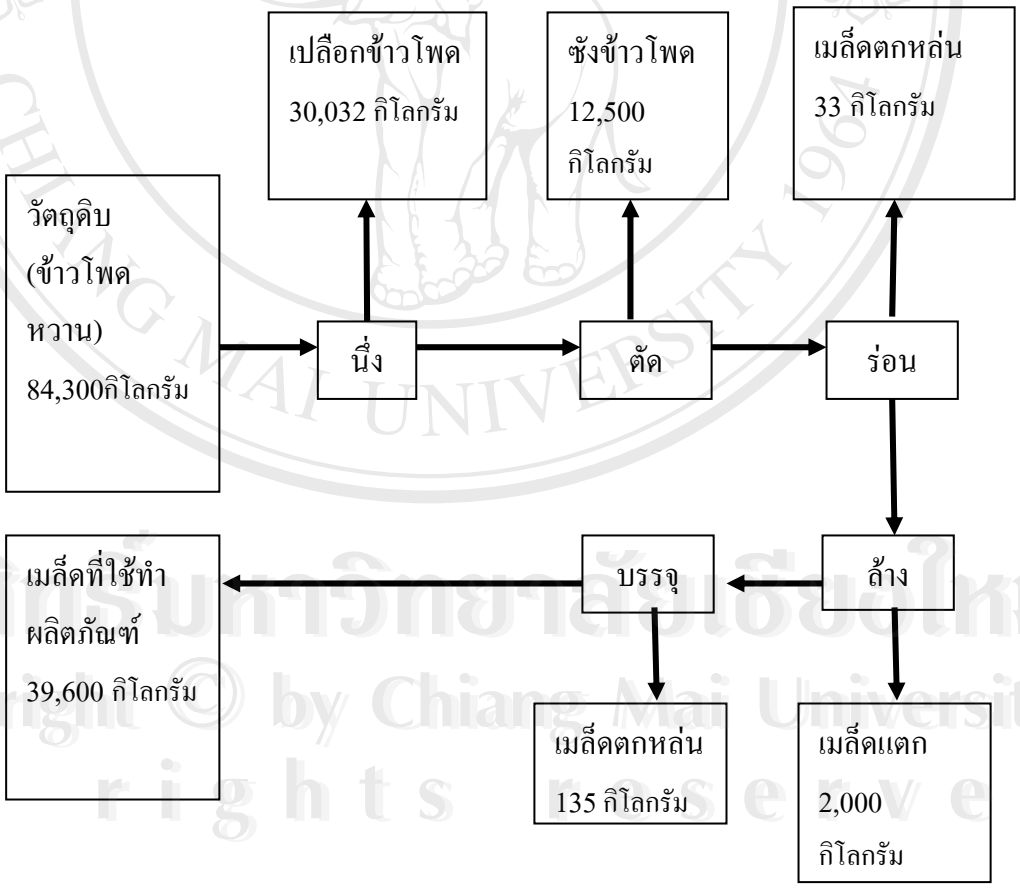


ภาพที่ 4.17 สมดุลมวลสารของเมล็ดข้าวโพดหวานในกระบวนการผลิตข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง (ต่อวัน)

เมื่อประเมินกระบวนการผลิตโดยละเอียดแล้ว สามารถแบ่งการสูญเสียได้เป็น 2 ประเด็น ได้แก่ การสูญเสียส่วนที่ไม่ได้นำไปใช้ในการผลิต ได้แก่ เปลือกและซังข้าวโพด และการสูญเสียส่วนที่ใช้ในการผลิต ได้แก่ เมล็ดข้าวโพด ซึ่งการสูญเสียเปลือกและซังข้าวโพดนั้นถือเป็นการสูญเสียโดยปกติเพราะเป็นส่วนที่ไม่ได้เอาไปใช้ในการผลิต โดยสามารถนำไปเพิ่มมูลค่าโดยขายเป็นอาหารสัตว์ แต่การสูญเสียของเมล็ดข้าวโพดซึ่งเป็นส่วนที่นำไปใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์ไม่ควรเกิดการสูญเสียขึ้นในระหว่างขั้นตอนการผลิต เมื่อทำการประเมินละเอียดพบการสูญเสียที่เกิดจากการตกหล่นของเมล็ดข้าวโพดในบริเวณเครื่องตัดเมล็ดข้าวโพด เครื่องล้างเมล็ดข้าวโพด ตะแกรงร่อนหยาบ ตะแกรงร่อนละเอียด และบริเวณบรรจุข้าวโพดลงกระป๋อง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การสูญเสียเมล็ดข้าวโพดเริ่มจากส่วนของการตัดเมล็ดโดยเครื่องตัดเมล็ด ซึ่งจากการสังเกต พบว่าซังข้าวโพดที่สูญเสียในหน่วยการตัดเมล็ด นอกจากจะเป็นน้ำหนักของตัวซังข้าวโพดแล้วยังมีเมล็ดของข้าวโพดที่ตัดไม่หมดหลงเหลืออยู่ ซึ่งในบางซังมีปริมาณเมล็ดข้าวโพดเหลืออยู่ค่อนข้างมาก จึงสามารถระบุได้ว่าการสูญเสียเมล็ดข้าวโพดในขั้นตอนการตัดเมล็ดนั้นส่วนหนึ่งติดไปกับซังข้าวโพด โดยน้ำหนักซังทิ้งต่อวันเป็นปริมาณทั้งสิ้น 12,500 กิโลกรัม ส่วนการสูญเสียเมล็ดข้าวโพดที่ตะแกรงร่อนหยาบนั้น พบว่ามีเมล็ดข้าวโพดตกหล่นอยู่บริเวณพื้นอยู่ตลอดเวลาเมื่อมีการเขย่าตะแกรงร่อน ซึ่งมีปริมาณเมล็ดข้าวโพดตกหล่นประมาณ 33 กิโลกรัมต่อวัน ในส่วน เครื่องล้างเมล็ดข้าวโพดนั้น เป็นหน่วยผลิตที่มีหน้าที่แยกเมล็ดแตก และไหมออก จึงมีปริมาณของเมล็ดแตกมากที่สุดถึงประมาณ 2,000 กิโลกรัมต่อวัน และส่วนสุดท้ายที่เกิดการสูญเสียเมล็ดข้าวโพดได้แก่ส่วนการบรรจุ โดยพบเมล็ดข้าวโพดตกหล่นในระหว่างการลำเลียงตามสายพาน คิดเป็นปริมาณ 135 กิโลกรัมต่อวัน (ภาพที่ 4.18)



ภาพที่ 4.18 ผังกระบวนการไหลของมวลสารของเมล็ดข้าวโพดในกระบวนการผลิตข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องในระยะเวลา 1 วัน (24 ชั่วโมง)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อเลือกหน่วยผลิตเพื่อทำการประเมินละเอียด (ตารางที่ 4.7) พบว่า การสูญเสียเมล็ดข้าวโพดในหน่วยการตัดเมล็ดเป็นขั้นตอนที่มีคะแนนสูงเป็นอันดับแรก เนื่องจากมีการสูญเสียของเมล็ดข้าวโพดในปริมาณมาก ประกอบทางโรงงานกำลังทำการปรับปรุงเครื่องตัดเมล็ดให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น ผู้ศึกษาจึงเห็นโอกาสในการนำเทคโนโลยีสะอาดไปประยุกต์ใช้ โดยประเมินว่าจะมีการลงทุนไม่สูงมาก ซึ่งต่างจากหน่วยการผลิตอื่นที่ต้องใช้การลงทุนที่สูงกว่า อีกทั้งทางโรงงานยังไม่ให้ความสนใจ เนื่องจากบางหน่วยการผลิตมีการสูญเสียเพียงเล็กน้อย เช่น หน่วยร่อนหยาบ และหน่วยบรรจุกระป๋อง หรือบางหน่วยผลิตอาจต้องใช้การลงทุนค่อนข้างมากเมื่อนำเทคโนโลยีสะอาดไปประยุกต์ใช้ เนื่องจากเครื่องมือมีความซับซ้อน เช่น หน่วยล้างเมล็ด ดังนั้นผู้ศึกษาจึงเลือกที่จะนำเทคโนโลยีสะอาดไปประยุกต์ใช้ในหน่วยการตัดเมล็ดเพื่อลดการสูญเสียในการศึกษานี้

ตารางที่ 4.7 การเลือกหน่วยผลิตเพื่อทำการประเมินโดยละเอียด

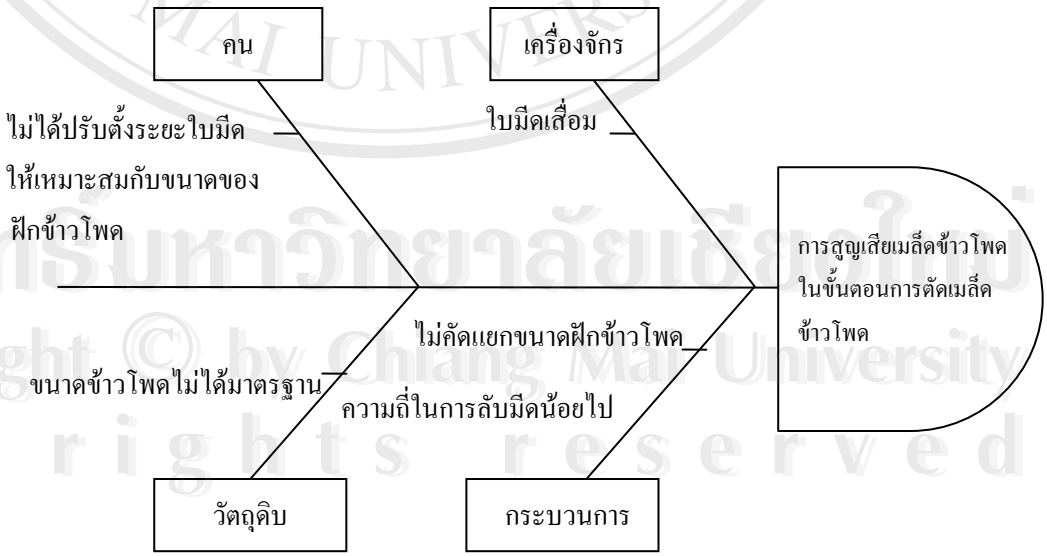
หน่วยผลิตหรือประเด็นการทำเทคโนโลยีสะอาดที่เสนอ	เกณฑ์การเลือก (คะแนน)*				คะแนนรวม	ลำดับที่
	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (ปริมาณ)	การลงทุน**	โอกาสในการทำ CT ที่เห็นได้ชัด	ความสนใจ/ความร่วมมือ		
หน่วยตัดเมล็ด	3	2	3	3	11	1
หน่วยร่อนหยาบ	2	3	2	2	9	2
หน่วยล้างเมล็ด	2	2	1	1	6	4
หน่วยร่อนละเอียด	1	3	2	1	7	3
หน่วยบรรจุกระป๋อง	1	2	1	1	5	5
สายพานลำเลียง	1	2	2	2	7	3

* คะแนน 1 = ต่ำ
2 = ปานกลาง
3 = สูง

** คะแนนสำหรับการลงทุน 1 = ลงทุนสูง
2 = ลงทุนปานกลาง
3 = ลงทุนต่ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การสูญเสียเมล็ดข้าวโพดในขั้นตอนการตัดเมล็ดนั้น สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้ตามแผนภูมิก้างปลา (ภาพที่ 4.19) โดยส่วนหนึ่งเกิดจากการปฏิบัติหน้าที่ของพนักงาน เช่น ไม่ได้ปรับตั้งระยะของใบมีดให้เหมาะสมกับขนาดของข้าวโพด อีกสาเหตุหนึ่งคือขนาดของฝักข้าวโพดที่ไม่ได้มาตรฐาน โดยเฉพาะฝักข้าวโพดที่มีขนาดเล็กทำให้ใบมีดของเครื่องตัดเมล็ดไม่สามารถเฉือนเอาเมล็ดออกไปได้หมด ซึ่งปัญหาฝักข้าวโพดไม่ได้มาตรฐานนี้ อาจเนื่องมาจากพันธุ์ข้าวโพดที่รับซื้อมีขนาดไม่ได้มาตรฐาน อีกสาเหตุหนึ่งของการสูญเสียเมล็ดข้าวโพดคือ ปัญหาของเครื่องตัดเมล็ดโดยใบมีดของเครื่องตัดเมล็ดนั้นควรต้องลับให้มีความคมอยู่เสมอ เพื่อให้เครื่องตัดเมล็ดมีประสิทธิภาพในการตัดเมล็ดที่ดีขึ้น ที่ผ่านมาพนักงานมักละเลยหรือลับใบมีดน้อยครั้งเกินไป ทำให้ใบมีดที่ผ่านการใช้งานมาทั้งวันมีความคมลดลง ซึ่งส่งผลถึงประสิทธิภาพในการตัดเมล็ด ผู้ศึกษาจึงได้เสนอข้อเสนอทางเทคโนโลยีสะอาด เพื่อลดการสูญเสียเมล็ดข้าวโพดในกระบวนการผลิต โดยแบ่งเป็น 4 ข้อเสนอ (ตารางที่ 4.8) โดยเสนอให้มีการคัดแยกขนาดตามพันธุ์ของข้าวโพดก่อนเข้ากระบวนการผลิต (ปัจจุบันโรงงานได้รับซื้อข้าวโพดจำนวน 4 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์อินทรีย์ Sugar 74, ATS5 และHibrix3) และการเพิ่มความถี่ในการลับมีดต่อวันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องตัดเมล็ด ซึ่งสามารถทำได้ทันทีโดยไม่ต้องมีการซื้ออุปกรณ์เพิ่มเติม และไม่กระทบต่อกระบวนการผลิต แต่ในส่วนของข้อเสนอการกำหนดมาตรฐานของพันธุ์ข้าวโพดก่อนเข้าสู่โรงงานเพื่อลดตำหนิ และการนำเอาเศษเมล็ดข้าวโพดที่ตกหล่นกลับมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ซุปข้าวโพดบรรจุกระป๋องนั้น ยังไม่สามารถทำได้ทันที ต้องทำการศึกษาเพิ่มเติม



ภาพที่ 4.19 สาเหตุการสูญเสียเมล็ดข้าวโพดในขั้นตอนการตัดเมล็ด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.8 การคัดทางเลือกที่สามารถปฏิบัติได้

ทางเลือก CT	ทำได้ทันที	ต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม	ไม่สามารถปฏิบัติได้	หมายเหตุ
กำหนดมาตรฐานของพันธุ์ข้าวโพดก่อนเข้าสู่โรงงานเพื่อลดปัญหาฝักข้าวโพดมีขนาดไม่ได้มาตรฐาน		/		
แยกขนาดของฝักข้าวโพดก่อนเข้ากระบวนการผลิต เพื่อปรับระยะใบมีดของเครื่องตัดเมล็ดให้เหมาะสมกับขนาดของข้าวโพด	/			
เพิ่มความถี่ในการลับมีดต่อวันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องตัดเมล็ด	/			
นำเอาเศษเมล็ดข้าวโพดที่ตกหล่นกลับมาทำซุปข้าวโพดบรรจุกระป๋อง		/		

4.4 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ของข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด

จากการพิจารณาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค เศรษฐศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม (ภาคผนวก ข) เมื่อสรุปผลคะแนนความเป็นไปได้ของแต่ละข้อเสนอ (ตารางที่ 4.9) พบว่าการคัดแยกขนาดตามพันธุ์ของข้าวโพด และการเพิ่มความถี่ในการลับใบมีดให้บ่อยครั้งขึ้น น่าจะมีความเป็นไปได้มากที่สุดเนื่องจากเป็นการปฏิบัติที่สามารถทำได้ทันทีโดยไม่มีการลงทุนใด ๆ เพิ่มเติม ซึ่งการคัดแยกขนาดตามพันธุ์ข้าวโพดนั้นโรงงานเคยทดลองทำมาก่อนแล้วแต่ไม่ได้ทำอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่การกำหนดมาตรฐานของพันธุ์ข้าวโพดให้มีมาตรฐานที่ดี เพื่อลดการสูญเสียในขั้นตอนการผลิตนั้น อาจทำได้ยาก เนื่องจากทางโรงงานมีความจำเป็นต้องรับข้าวโพดเข้าโรงงานเพื่อผลิตอย่างต่อเนื่องทุกวันวันละ 24 ชั่วโมง ซึ่งต้องใช้ข้าวโพดจำนวนมากไม่สามารถที่จะกำหนดมาตรฐานข้าวโพดกับผู้ขายได้อย่างเข้มงวด อย่างไรก็ตามพันธุ์ของข้าวโพดเป็นตัวแปรสำคัญที่จะทำให้เกิดความไม่แน่นอนของการผลิต บางสายพันธุ์มีขนาดไม่ได้มาตรฐาน ทำให้เกิดการสูญเสียขึ้นเมื่อเข้าสู่กระบวนการตัดเมล็ด ในอนาคตทางโรงงานควรจะมีการส่งเสริมเกษตรกรในการเพาะปลูกข้าวโพด โดยอาจมีการให้เมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสมและเข้าไปมีส่วนร่วมในการเฝ้าติดตามการเพาะปลูกให้ได้ตามมาตรฐาน ซึ่งจะช่วยให้วัตถุดิบที่เข้าสู่โรงงานมีความสม่ำเสมอ และง่ายต่อการนำไปแปรรูปต่อไปเพราะอาจส่งผลให้ปริมาณข้าวโพดไม่พอกับความต้องการในการผลิต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

นอกจากนี้ในส่วนของการนำเอาเมล็ดตกหล่นมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ซุปข้าวโพดนั้น ต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม เนื่องจากเมล็ดข้าวโพดที่จะนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ซุปข้าวโพดนั้นจะต้องเป็นพันธุ์เฉพาะที่เหมาะสมเท่านั้น มิฉะนั้นผลิตภัณฑ์ซุปข้าวโพดที่ได้จะมีลักษณะที่ไม่ได้ตามมาตรฐานและไม่มีความสม่ำเสมอ และก่อนที่จะนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์จะต้องมีการนำไปผ่านขั้นตอนเพิ่มเติมเพื่อคัดแยกสิ่งปลอมปนออกก่อน

ตารางที่ 4.9 การศึกษาความเป็นไปได้ของข้อเสนอทางเทคโนโลยีสะอาด

ข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด	คะแนนความเป็นไปได้			รวมคะแนน	ปฏิบัติได้
	ด้านเทคนิค	ด้านเศรษฐศาสตร์	ด้านสิ่งแวดล้อม		
กำหนดมาตรฐานของพันธุ์ข้าวโพดก่อนเข้าสู่โรงงานเพื่อลดตำหนิที่เกิดขึ้น	3	1	1	5	×
แยกขนาดของฝักข้าวโพดก่อนเข้ากระบวนการผลิต เพื่อปรับระยะใบมีดของเครื่องตัดเมล็ดให้เหมาะสมกับขนาดของข้าวโพด	3	2	2	7	/
เพื่อความถี่ในการลับมีดต่อวันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องตัดเมล็ด	3	2	2	7	/
นำเอาเศษเมล็ดข้าวโพดที่ตกหล่นกลับมาทำซุปข้าวโพดบรรจุกระป๋อง	1	1	2	4	×

หมายเหตุ คะแนนการประเมินความเป็นไปได้ทางเทคนิค จากภาคผนวก ข

คะแนน 10-15 ได้ 3 (สูง)
คะแนน 5-9 ได้ 2 (ปานกลาง)
คะแนน 0-4 ได้ 1 (ต่ำ)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

คะแนนการประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ จากภาคผนวก ข

คะแนน	7-9	ได้	3 (สูง)
คะแนน	4-6	ได้	2 (ปานกลาง)
คะแนน	0-3	ได้	1 (ต่ำ)

คะแนนการประเมินความเป็นไปได้ทางสิ่งแวดล้อม จากภาคผนวก ข

คะแนน	7-9	ได้	3 (สูง)
คะแนน	4-6	ได้	2 (ปานกลาง)
คะแนน	0-3	ได้	1 (ต่ำ)

4.5 ผลการนำเอาเทคโนโลยีสะอาดไปประยุกต์ใช้

จากข้อที่ 4.4 การศึกษาความเป็นไปได้ทำให้ทราบว่ามีการสูญเสียเมล็ดข้าวโพดที่หน่วยตัดข้าวโพดมากที่สุด จึงได้เสนอทางเลือกเทคโนโลยีสะอาดเพื่อการลดการสูญเสียดังกล่าว พบว่าทางเลือกในการคัดแยกขนาดตามพันธุ์ของข้าวโพดร่วมกับการเพิ่มความถี่ในการลับใบมีดขึ้นจากเดิมหนึ่งครั้งต่อกะการทำงานเป็นสองครั้งต่อกะการทำงาน น่าจะเพิ่มประสิทธิภาพใบมีดของเครื่องตัดข้าวโพด และลดการสูญเสียเมล็ดข้าวโพดบางส่วนที่ติดไปกับซังได้

4.5.1 การคัดแยกขนาดตามพันธุ์ของข้าวโพดก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิต

โดยปกติข้าวโพดที่รับเข้าสู่โรงงานจะมาจากหลายแหล่งเพาะปลูก ทั้งแหล่งที่โรงงานให้เมล็ดพันธุ์แก่เกษตรกรเป็นผู้ปลูกเอง รวมถึงผู้ปลูกข้าวโพดรายย่อยอื่น ทำให้มีความหลากหลายของพันธุ์ข้าวโพด อาทิ พันธุ์อินทรีย์ พันธุ์ Hibrix 3 พันธุ์ Sugar 74 (ATS 2) พันธุ์ ATS 5 (Sugar 75) เป็นต้น ซึ่งแต่ละพันธุ์นั้นจะมีขนาดและน้ำหนักที่แตกต่างกัน การคัดแยกขนาดตามพันธุ์ของข้าวโพดก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตจะช่วยให้ช่างผู้ควบคุมเครื่องตัดข้าวโพด ปรับตั้งระยะห่างของใบมีดได้เหมาะสมกับขนาดของข้าวโพดในแต่ละพันธุ์ โดยในการศึกษานี้ได้แบ่งขนาดของข้าวโพดเป็น 3 ขนาดดังแสดงในตารางที่ 4.10

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.10 การจำแนกขนาดของสายพันธุ์ข้าวโพด

ขนาดข้าวโพด	สายพันธุ์ข้าวโพด
ขนาดเล็ก	อินทรีย์
ขนาดกลาง	Sugar 74
ขนาดใหญ่	Hibrix 3, ATS 5

4.5.2 เพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องตัดเมล็ดข้าวโพด โดยการเพิ่มความถี่ในการลับใบมีด

โดยปกติทางโรงงานกำหนดให้มีการลับใบมีดทุกวัน โดยจะทำการลับใบมีดในช่วงการเปลี่ยนกะการทำงานของพนักงาน คือในช่วงเวลา 06.00 น. และ 18.00 น. ของทุกวัน การลับใบมีดนั้นจะใช้เวลาประมาณ 10 นาที โดยใช้เครื่องลับมีดเฉพาะ ซึ่งจากผลการประเมินละเอียดที่ผ่านมาพบการสูญเสียเนื้อข้าวโพดบางส่วนติดไปกับซัง ซึ่งน่าจะเกิดจากการตัดเมล็ดไม่หมดเพราะใบมีดของเครื่องตัดเมล็ดทื่อ จึงเสนอให้ทางโรงงานเพิ่มความถี่ในการลับมีดขึ้นเป็นสองครั้งต่อหนึ่งกะ โดยกำหนดให้มีการลับใบมีดในเวลา 06.00 และ 11.30 น. ในช่วงกะกลางวัน และในเวลา 18.30 และ 24.00 น. ในช่วงกะกลางคืน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตัดเมล็ดของเครื่องตัดเมล็ดข้าวโพด

การแยกขนาดของฝักข้าวโพดก่อนเข้ากระบวนการผลิต เพื่อปรับระยะใบมีดของเครื่องตัดเมล็ดให้เหมาะสมกับขนาดของข้าวโพด

คัดแยกขนาดตามพันธุ์ของข้าวโพดที่กำหนดเอาไว้ 3 ขนาดก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิต (ภาพที่ 4.20) แล้วนำเอาขนาดของข้าวโพดแต่ละพันธุ์ไปปรับตั้งหาระยะห่างที่เหมาะสมของใบมีดที่ใช้ในการตัดเมล็ดข้าวโพด

ภาพที่ 4.20 การคัดแยกขนาดตามพันธุ์ของฝักข้าวโพด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การหาปริมาณเมล็ดข้าวโพดจากซัง หลังผ่านเครื่องตัดเมล็ด มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. สุ่มซังข้าวโพดที่เหลือจากเครื่องตัดเมล็ด โดยสุ่มซังในปริมาณ 1 กิโลกรัมในช่วงเวลา 09.00, 11.00 และ 14.00 น. ต่อวันทั้ง 9 เครื่อง เป็นเวลา 7 วัน และนำซังข้าวโพดที่สุ่มได้มาเฉือนเอาเนื้อข้าวโพดที่ยังติดซังออกด้วยมีด

2. ชั่งน้ำหนักเมล็ดข้าวโพดที่เฉือนออกจากซังปริมาณ1 กิโลกรัม ในแต่ละช่วงเวลา พร้อมทั้งจดบันทึก (ภาพที่ 4.21)

ภาพที่ 4.21 เศษเมล็ดข้าวโพดที่เฉือนออกจากซังปริมาณ 1 กิโลกรัม

3. เปรียบเทียบประสิทธิภาพก่อนและหลังการลับใบมีดตามจำนวนครั้งที่ได้เสนอไว้ (ภาพที่ 4.22)

ภาพที่ 4.22 ซังข้าวโพดก่อน (ซังด้านล่าง) และหลัง (ซังด้านบน) การนำเอาข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาดเรื่องการคัดขนาดฝักข้าวโพดและการเพิ่มความถี่ในการลับใบมีดไปประยุกต์ใช้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

หลังจากนำข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาดไปประยุกต์ใช้โดยการคัดแยกขนาดตามพันธุ์ข้าวโพด เพื่อทำการปรับตั้งระยะห่างของใบมีดร่วมกับการเพิ่มความถี่ในการลับใบมีดเป็น 2 ครั้งต่อหนึ่งกะการทำงาน พบว่าสามารถนำเมล็ดข้าวโพดกลับคืนมาได้เฉลี่ยวันละประมาณ 51.0 กรัมต่อน้ำหนักซังจำนวน 1 กิโลกรัม โดยจากข้อมูลจากฝ่ายผลิตกำหนดให้น้ำหนักซังเปล่ามีน้ำหนักเป็นร้อยละ15 ของน้ำหนักฝักข้าวโพด ซึ่งปกติในการผลิตจะใช้วัตถุดิบคือข้าวโพดหวานปริมาณ 84,300.0 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งคิดเป็นน้ำหนักซังข้าวโพดประมาณ 12,500.0 กิโลกรัม ดังนั้นการลดการสูญเสียเมล็ดข้าวโพดเฉลี่ย 51.0 กรัมต่อน้ำหนักซัง 1กิโลกรัม เมื่อคิดต่อวันจะได้น้ำหนักของเมล็ดข้าวโพดกลับคืนมาเฉลี่ย 638.0 กิโลกรัมต่อวัน (ตารางที่ 4.11) หรือประมาณ 232,870.0 กิโลกรัมต่อปี โดยคิดมูลค่าของเมล็ดข้าวโพดกิโลกรัมละ 1.20 บาท จึงสามารถประหยัดต้นทุนของวัตถุดิบได้ 279,444.00 บาทต่อปีโดยไม่ต้องมีการลงทุนใด ๆ เพิ่มเติม (ตารางที่ 4.12)

ตารางที่ 4.11 น้ำหนักเมล็ดข้าวโพดดีที่สูญเสียก่อนและหลังการปรับเปลี่ยนความถี่ของการลับใบมีดเป็น 2 ครั้งต่อหนึ่งกะการทำงาน

วันที่	ลับมีด 1ครั้งต่อกะ		ลับมีด 2 ครั้งต่อกะ		ผลต่างของเมล็ดดีต่อซัง 1 วัน (กก.)
	เมล็ดดีต่อซัง 1 กก (ก.)	เมล็ดดีต่อซัง 1 วัน (กก.)	เมล็ดดีต่อซัง 1 กก (ก.)	เมล็ดดีต่อซัง 1 วัน (กก.)	
1	119.8	1,497.5	84.7	1,058.7	438.7
2	121.3	1,516.2	77.1	963.7	552.5
3	128.0	1,600.0	79.0	987.5	612.5
4	130.0	1,625.0	69.0	862.5	762.5
5	120.0	1,500.0	73.0	912.5	587.5
6	128.8	1,610.0	66.2	827.5	782.5
7	130.1	1,626.2	70.0	875.0	751.2
8	134.0	1,675.0	72.6	907.5	767.5
9	108.0	1,350.0	63.0	787.5	562.5
10	117.0	1,462.5	72.0	900.0	562.5
เฉลี่ย	123.7	1546.3	72.7	908.3	638.0

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.12 มูลค่าความประหยัดในการคัดแยกขนาดตามพันธุ์ข้าวโพด ร่วมกับการปรับเปลี่ยนความถี่ในการลับใบมีด

ประเด็นโอกาสการทำเทคโนโลยีสะอาด	การประเมินมูลค่าความประหยัด			ประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์	ประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อม
	การลงทุน (บาท)	มูลค่าความประหยัดต่อปี (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (เดือน)		
คัดแยกขนาดฝักข้าวโพดก่อนเข้ากระบวนการผลิต เพื่อปรับตั้งระยะของใบมีดให้เหมาะสมกับขนาดของฝักข้าวโพด ร่วมกับ การเพิ่มความถี่ของการลับใบมีดเป็น 2 ครั้งต่อหนึ่งกะการทำงาน	-	279,444.00	-	สามารถนำเอาวัตถุดิบกลับมาใช้ประโยชน์ได้ใหม่	ลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น

อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการปรับตั้งระยะของใบมีด โดยศึกษาถึงความสัมพันธ์ของระยะใบมีดกับอายุการใช้งาน เพื่อคำนวณหาความเหมาะสมของความถี่ในการลับใบมีดที่ให้ประสิทธิภาพในการตัดเมล็ดดีที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การประเมินละเอียดของประเด็นปัญหาการลดการใช้น้ำมันเตา

ในกระบวนการผลิตข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง ได้ใช้น้ำมันเตา เพื่อเป็นเชื้อเพลิงสำหรับให้ความร้อนแก่หม้อไอน้ำ ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะจากน้ำร้อนเป็นไอน้ำสำหรับใช้ในกระบวนการผลิต เช่น การนึ่งข้าวโพด การให้ความร้อนน้ำปรุง การไล่อากาศ และการฆ่าเชื้อ

จากการศึกษาการใช้ไอน้ำในบริษัท ซันสวีท จำกัด พบว่า หม้อไอน้ำเป็นส่วนที่สำคัญที่สุด เนื่องจากเป็นส่วนแรกที่ผลิตไอน้ำขึ้นเพื่อส่งจ่ายไปยังหน่วยที่ต้องใช้ความร้อนในการผลิต ปริมาณไอน้ำที่ผลิตถูกส่งไปตามท่อจ่ายไอน้ำไปยังหน่วยผลิตได้แก่ รางนึ่งฝักข้าวโพด หม้อเตรียมน้ำปรุง รางไล่อากาศและหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ โดยที่ปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้ส่วนใหญ่จะไหลเวียนอยู่ในท่อส่งจ่ายไอน้ำ ดังนั้นส่วนของท่อจ่ายไอน้ำจึงเป็นส่วนที่มีปริมาณไอน้ำอยู่สูง จึงเกิดการสูญเสียความร้อนที่บริเวณผิวของท่อจ่ายไอน้ำได้ตลอดเวลา เนื่องจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในท่อกับอุณหภูมิบรรยากาศ ทำให้มีความร้อนส่วนหนึ่งคายสู่บรรยากาศ โดยเฉพาะในกรณีที่ระยะทางท่อจ่ายไอน้ำระหว่างหม้อไอน้ำจนถึงหน่วยให้ความร้อนมีระยะทางไกล ก็จะเกิดการสูญเสียความร้อนได้มาก ถ้าท่อส่งจ่ายไอน้ำนั้นไม่มีการหุ้มฉนวนเพื่อรักษาความร้อนไว้

เมื่อทำการประเมินละเอียดในส่วนของการสูญเสียความร้อนจากหน่วยผลิตไอน้ำ (ตารางที่ 4.13) ผู้ศึกษาพบโอกาสในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาด ในประเด็นการเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ เนื่องจากทางโรงงานยังไม่ทราบถึงวิธีการปรับแต่งหม้อไอน้ำอย่างเหมาะสม ทำให้หม้อไอน้ำไม่สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ซึ่งส่งผลให้เกิดการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับการเผาไหม้ ทำให้ประเด็นของการศึกษาหม้อไอน้ำสูงเป็นอันดับหนึ่ง

ส่วนการสูญเสียความร้อนที่บริเวณท่อส่งไอน้ำ พบว่ายังมีบางจุดของท่อส่งไอน้ำที่เป็นท่อเปลือยไม่ได้หุ้มฉนวนกันความร้อนเอาไว้ ทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนที่บริเวณผิวของท่อไอน้ำประกอบกับทางโรงงานมีความต้องการที่จะหุ้มฉนวน ทำให้ประเด็นของการศึกษาท่อส่งไอน้ำมีคะแนนเป็นอันดับสอง

หม้อนึ่งฆ่าเชื้อที่ไม่ได้หุ้มฉนวนจะมีความร้อนคายออกมาตลอดเวลา สังเกตุได้จากบริเวณโดยรอบหม้อนึ่งฆ่าเชื้อนั้นพนักงานไม่สามารถยืนอยู่ได้เป็นระยะเวลานาน เนื่องจากบริเวณดังกล่าวมีอุณหภูมิสูง แต่โอกาสที่จะนำเทคโนโลยีสะอาดไปประยุกต์ใช้มีน้อย เพราะทางโรงงานยังไม่สนใจที่จะหุ้มฉนวนที่ผิวหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ จึงทำให้ประเด็นการศึกษาที่หม้อนึ่งฆ่าเชื้อมีคะแนนน้อย ผู้ศึกษาจึงเลือกศึกษาเฉพาะประเด็นการการสูญเสียความร้อนที่หม้อไอน้ำ และท่อส่งไอน้ำสำหรับการคัดข้อเสนอที่สามารถปฏิบัติได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.13 การประเมินละเอียดของการสูญเสียความร้อนจากหน่วยผลิตไอน้ำ

หน่วยผลิตหรือประเด็นการทำเทคโนโลยีสะอาด	เกณฑ์การเลือก (คะแนน)				คะแนนรวม	ลำดับที่
	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (ปริมาณ)	การลงทุน	โอกาสในการทำ CT ที่เห็นได้ชัด	ความสนใจ/ความร่วมมือ		
หม้อไอน้ำ (Boiler)	3	2	3	3	11	1
ท่อส่งไอน้ำ	3	1	3	3	10	2
หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ	1	2	3	1	7	3
หม้อพักน้ำปรุง	1	2	3	1	7	3

เมื่อพิจารณาจากการคัดเลือกข้อเสนอที่ปฏิบัติได้จากตารางที่ 4.14 พบว่าประเด็นที่สามารถทำได้ทันที คือ การปรับปริมาณของอากาศในกระบวนการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และการหุ้มฉนวนท่อส่งไอน้ำที่ส่งไปยังหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ เพื่อลดการสูญเสียความร้อนที่ผิวท่อ ส่วนประเด็นที่ต้องทำการศึกษาเพิ่มเติม คือ การนำเอาคอนเดนเสทที่เหลือทิ้งจากรางไล่อากาศกลับมาใช้ใหม่เป็นน้ำป้อนเข้าสู่หม้อไอน้ำ เนื่องจากการส่งผ่านคอนเดนเสทที่ได้จากรางไล่อากาศไปยังหม้อไอน้ำ ซึ่งมีระยะทางไกล และอาจมีการลงทุนสูงเมื่อเทียบกับปริมาณคอนเดนเสทที่ได้ โดยปริมาณคอนเดนเสทส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นนั้นจะอยู่ในขั้นตอนการฆ่าเชื้อ ซึ่งจะถูกส่งรวมกลับไปยังจุดทำให้เย็น (Cooling Tower) เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่อีกครั้ง

ส่วนการเปลี่ยนชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิงจากน้ำมันเตาเป็นน้ำมันปาล์มอุตสาหกรรม โดยต้องศึกษาถึงการลดความหนืดของน้ำมันปาล์ม ส่วนประเด็นที่ยังไม่สามารถปฏิบัติได้ คือ การหุ้มฉนวนหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ และการหุ้มฉนวนหม้ออุ่นน้ำปรุง ซึ่งพบว่าโอกาสในการการหุ้มฉนวนหม้อนึ่งฆ่าเชื้อเป็นเรื่องที่ทำได้ยากในขณะนี้ เนื่องจากมีการลงทุนสูง และมีระยะเวลาการคืนทุนนานและยากต่อการบำรุงรักษาฉนวน

เมื่อเปรียบเทียบกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาด ในกระบวนการผลิตแชมพูสมุนไพรประคำดีควายของชมรมรักษ์สมุนไพรลำปาง (ณัฐสุดา, 2548) พบว่ามีการสูญเสียความร้อนในรูปของไอน้ำ ทำให้ทางโรงงานมีค่าใช้จ่ายค่าน้ำมันเชื้อเพลิงสูงเช่นเดียวกับการศึกษานี้ โดยการศึกษาที่ชมรมอนุรักษ์สมุนไพรลำปางได้มุ่งประเด็นไปที่การนำเอาคอนเดนเสทกลับมาใช้เป็นน้ำป้อนเข้าสู่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หม้อไอน้ำ (Boiler) เนื่องจากคอนเดนเสทนั้นมีความบริสุทธิ์และมีอุณหภูมิสูง มีคุณสมบัติที่สามารถนำมาใช้เป็นน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำได้ดีเมื่อนำกลับมาใช้เป็นน้ำป้อนหม้อไอน้ำทดแทนน้ำป้อนหม้อไอน้ำใหม่ จะลดเวลาในการให้ความร้อนแก่น้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำลง ซึ่งช่วยลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับการให้ความร้อนลงได้

ในขั้นตอนการผลิตแชมพูสมุนไพรประคำดีควายของชมรมรักษ์สมุนไพรลำปาง มีปริมาณคอนเดนเสทไหลทิ้งเป็นจำนวน 0.081 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หรือ 1.95 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ผู้ศึกษาได้นำเอาไอน้ำควบแน่น (Condensate) ที่ไหลทิ้งในทุกสายการผลิตของโรงงานกลับมาใช้ใหม่ โดยการนำกลับมาใช้เป็นน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำ จะทำให้ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในหม้อไอน้ำได้ประมาณ 5,325.0 ลิตรต่อปี คิดเป็นเงิน 129,463.00 บาทต่อปี มีมูลค่าการลงทุน 107,662.00 บาท ซึ่งมีระยะเวลาคืนทุน 9 เดือน

ตารางที่ 4.14 การคัดข้อเสนอที่สามารถปฏิบัติได้

ข้อเสนอ CT	ทำได้ทันที	ต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม	ไม่สามารถปฏิบัติได้	หมายเหตุ
ปรับปริมาณของอากาศในกระบวนการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น	/			
หุ้มฉนวนท่อส่งไอน้ำที่ส่งไปยังหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ เพื่อลดการสูญเสียความร้อนที่ผิวท่อ	/			
หุ้มฉนวนหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ เพื่อลดการสูญเสียความร้อน		/		
หุ้มฉนวนหม้ออุ่นน้ำปรุง เพื่อลดการสูญเสียความร้อนที่บริเวณผิวหม้อ		/		
นำเอาคอนเดนเสทที่เหลือทิ้งจากรางไล่อากาศกลับมาใช้ใหม่เป็นน้ำป้อนเข้าสู่หม้อไอน้ำ		/		
เปลี่ยนชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิงจากน้ำมันเตา เป็นน้ำมันปาล์มอุตสาหกรรม		/		

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.5.3 การเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ

ผู้ศึกษาได้เก็บข้อมูลเบื้องต้นของสภาพการทำงานของหม้อไอน้ำ ยี่ห้อ Loos gunzenhausen ขนาด 10 ตัน หัวฉีดน้ำมัน Rotary cup – SAACKE ในช่วงระยะเวลา ระหว่างเดือนตุลาคม ถึง ธันวาคม 2548 โดยทำการรวบรวมข้อมูลจากรายงานบันทึกสภาพหม้อไอน้ำประจำวันของแผนกช่างควบคุมหม้อไอน้ำ และข้อมูลการตรวจวัดของกรมโรงงาน ซึ่งได้แสดงดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 สภาวะการทำงานของหม้อไอน้ำเฉลี่ย ระหว่างเดือนตุลาคม ถึง ธันวาคม 2548

รายการ	ปริมาณ	หมายเหตุ
ปริมาณน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำ	4,000-6,000 ลิตรต่อชั่วโมง	
อุณหภูมิน้ำป้อน	100 องศาเซลเซียส	
อุณหภูมิของเชื้อเพลิง	70-80 องศาเซลเซียส	
อุณหภูมิก๊าซเสีย	190 องศาเซลเซียส	
ปริมาณออกซิเจนในก๊าซเสีย	ร้อยละ 16.5	ตรวจวัดโดยกรมโรงงาน
ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง	250 ลิตร/ชั่วโมง	
ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ	ร้อยละ 84.9	ตรวจวัดโดยกรมโรงงาน

จากข้อมูลการใช้หม้อไอน้ำเพื่อใช้ในการผลิตเป็นไอน้ำอิ่มตัว (Saturated Stream) ส่งไปยังหน่วยผลิต พบว่าหม้อไอน้ำที่ใช้อยู่ยังมีอัตราส่วนของออกซิเจนที่ใช้ในการเผาไหม้ไม่เหมาะสม โดยมีปริมาณออกซิเจนส่วนเกิน (Excess Air) ซึ่งถูกปล่อยออกไปกับก๊าซเสีย สูงถึง 16.5 ทำให้สูญเสียความร้อนบางส่วนออกไปกับแก๊สไอเสียที่ปล่อยออกทางปล่อง ส่งผลให้ประสิทธิภาพรวมของหม้อไอน้ำลดต่ำลง ซึ่งสาเหตุของการมีปริมาณออกซิเจนส่วนเกินมากนั้นเกิดจากการปรับแต่งเครื่องเผาไหม้เชื้อเพลิง (Burner) เป็นไปอย่างไม่เหมาะสม การปรับแต่งเป็นหน้าที่รับผิดชอบของพนักงานผู้ควบคุมหม้อไอน้ำ ประกอบกับทางโรงงานไม่มีเครื่องตรวจวัดระดับปริมาณออกซิเจน หรืออุปกรณ์วิเคราะห์ก๊าซในการเผาไหม้ (Flue Gas Analyzer) ทำให้ไม่สามารถทราบถึงปริมาณออกซิเจนส่วนเกิน ทั้งนี้ปัจจุบันโรงงานได้ข้อมูลปริมาณออกซิเจนส่วนเกินจากการตรวจวัดของกรมโรงงานปีละครั้ง ผู้ศึกษาจึงได้แนะนำให้ทางโรงงานปรับตั้งเครื่องเผาไหม้เชื้อเพลิงให้มีปริมาณออกซิเจนที่ปล่องทางออกน้อยลง โดยอ้างอิงทฤษฎีที่ว่าประสิทธิภาพการเผาไหม้จะเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 1 จากการลดอากาศส่วนเกินทุก ๆ ร้อยละ 10 (ยุวรัตน์, 2547) โดยถ้าให้ปริมาณออกซิเจนส่วนเกินเหลือร้อยละ 4 จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำได้ร้อยละ 1.25 ทำให้สามารถลดปริมาณการใช้น้ำมันเตาลงได้ถึงปีละ 29,860.00

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

บาท โดยมีการลงทุนในการซื้ออุปกรณ์วัดปริมาณออกซิเจนในราคาประมาณ 17,500.00 บาท ซึ่งสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลา 7.03 เดือน (ตารางที่ 4.16) โดยการคำนวณแสดงในภาคผนวก ง.1 (พีรวัส, 2542)

ตารางที่ 4.16 มูลค่าความประหยัดในการปรับตั้งเครื่องเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของหม้อไอน้ำ

ประเด็นการทำเทคโนโลยีสะอาด	การประเมินมูลค่าความประหยัด			ประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์	ประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อม
	การลงทุน (บาท)	มูลค่าการประหยัดต่อปี (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (เดือน)		
การปรับตั้งเครื่องเผาไหม้เชื้อเพลิงของหม้อนึ่งไอน้ำให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น	17,500	29,860	7.03	ลดปริมาณการใช้น้ำมันเตา	ลดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์

4.5.4 การหุ้มฉนวนท่อส่งไอน้ำ

ภายในส่วนการผลิตนั้น พบท่อส่งจ่ายไอน้ำบางส่วน ที่ยังไม่ได้หุ้มฉนวนกันความร้อนอาทิ ท่อส่งไอน้ำไปยังหม้อน้ำปรุง ท่อส่งไอน้ำไปยังหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ รวมถึงท่อส่งจ่ายไอน้ำบางจุดเกิดการชำรุดที่บริเวณข้องอของท่อ ผู้ศึกษาจึงได้เลือกที่จะศึกษาเฉพาะบริเวณท่อส่งจ่ายไอน้ำเปลือยไปยังหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ(ภาพที่ 4.23) เนื่องจากหม้อนึ่งฆ่าเชื้อมีจำนวนหลายตัว และแต่ละตัวใช้ในการนึ่งฆ่าเชื้อกระป๋องอย่างต่อเนื่องตลอด โดยที่บริเวณหม้อนึ่งฆ่าเชื้อนั้นจะมีปริมาณความร้อนที่คายออกมาสูง ทำให้สภาพแวดล้อมในการทำงานของพนักงานไม่ดี เพราะต้องทนกับความร้อนเป็นเวลานานๆ การหุ้มฉนวนท่อส่งไอน้ำที่หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ นอกจากจะช่วยลดการสูญเสียความร้อนที่บริเวณผิวของท่อแล้ว ยังช่วยให้สภาพแวดล้อมในการทำงานของพนักงานดีขึ้น โดยมูลค่าการลงทุนหุ้มฉนวนประเมินได้โดยการวัดขนาดของท่อส่งไอน้ำ และคำนวณหามูลค่าความประหยัดเมื่อทำการหุ้มฉนวนกันความร้อน ซึ่งการคำนวณแสดงในภาคผนวก ง.1 และสามารถเปรียบเทียบมูลค่าความประหยัดหลังการหุ้มฉนวนดังแสดงในตารางที่ 4.17 ซึ่งภายหลังการหุ้มฉนวน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

(ภาพที่ 4.24) เมื่อสัมภาษณ์พนักงานควบคุมหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ พบว่าบริเวณโดยรอบมีอุณหภูมิลดลง ทำให้สภาพแวดล้อมในการทำงานของพนักงานดีขึ้น

นอกจากนี้จุดที่มีการใช้ไอน้ำในโรงงานควรมีการดูแลรักษาอย่างสม่ำเสมอ ไม่ควรปล่อยให้เกิดการรั่วของไอน้ำ เช่น วาล์วดักไอน้ำ (Stream Trab) หรือท่อส่งไอน้ำบางจุดที่ ยังไม่ได้มีการหุ้มฉนวนกันความร้อน ควรวางแผนการหุ้มฉนวนในท่อส่งจ่ายไอน้ำจุดอื่นเพื่อลดการสูญเสียในระยะยาว และควรจดบันทึกปริมาณคอนเดนเสทที่เกิดขึ้นเปรียบเทียบกับปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้ เพื่อเป็นการตรวจสอบการสูญเสียไอน้ำสู่บรรยากาศ

ตารางที่ 4.17 การศึกษามูลค่าความประหยัดในการหุ้มฉนวนท่อส่งไอน้ำเพื่อลดการสูญเสียไอน้ำ

ประเด็นโอกาสการทำเทคโนโลยีสะอาด	การประเมินผลประหยัด			ประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์	ประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อม
	การลงทุน (บาท)	มูลค่าการประหยัดต่อปี(บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (เดือน)		
การหุ้มฉนวนท่อส่งไอน้ำไปยังหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ	16,000.00	41,870.00	4.58	ลดปริมาณการใช้น้ำมันเตา	ลดความร้อนที่เกิดขึ้นในบริเวณการทำงาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 4.23 ท่อส่งไอน้ำไปยังหม้อนึ่งฆ่าเชื้อก่อนหุ้มฉนวน

ภาพที่ 4.24 ท่อส่งไอน้ำไปยังหม้อนึ่งฆ่าเชื้อหลังหุ้มฉนวน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved