รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การพัฒนารูปแบบการขนส่งที่เพิ่มความได้เปรียบในการแข่งขัน สำหรับผลิตภัณฑ์น้ำตาล

โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ และคณะ

เมษายน พ.ศ. 2561

สัญญาเลขที่ RDG60T0015

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การพัฒนารูปแบบการขนส่งที่เพิ่มความได้เปรียบในการแข่งขัน สำหรับผลิตภัณฑ์น้ำตาล

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
2. ดร.ภูวนาท ฟักเกตุ	วิทยาลัยโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน มหาวิทยาลัยนเรศวร
3. ดร.นฤมล สีพลไกร	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีสัจจา วิทยศักดิ์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โพธิ์งาม สมกุล	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ชุดโครงการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย วช.-สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary)

ปัจจุบันประเทศไทยมีโครงสร้างทางเศรษฐกิจที่เน้นภาคอุตสาหกรรมมากขึ้น โดยสินค้าที่ได้จากภาคการเกษตรยังคงเป็นวัตถุดิบสำคัญของภาคอุตสาหกรรม ซึ่งมีมูลค่าการส่งออกเฉลี่ยประมาณ 550,000 ล้านบาทต่อปี โดยอุตสาหกรรมที่ถือว่ามีส่วนสำคัญที่ส่งผลต่อการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศ ได้แก่ อุตสาหกรรมน้ำตาล ซึ่งน้ำตาลที่ได้จากกระบวนการผลิตถือเป็นผลิตภัณฑ์หลักของอุตสาหกรรม โดยการส่งออกผลิตภัณฑ์น้ำตาลเฉลี่ยประมาณ 87,000 ล้านบาทต่อปี โดยโลจิสติกส์มีบทบาทสำคัญอย่างมากในกระบวนการดำเนินงานของอุตสาหกรรมน้ำตาล โดยเฉพาะกิจกรรมโลจิสติกส์ด้านการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลจากโรงงานสู่ลูกค้าซึ่งเป็นกิจกรรมที่มีผลกระทบต่อความพอใจของลูกค้า และต้นทุนโดยรวมอันเป็นส่วนสำคัญของความได้เปรียบและความสามารถในการแข่งขัน โครงการวิจัยนี้ เป็นการศึกษารูปแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลทางถนนและทางรถไฟ ศึกษาโครงสร้างพื้นฐานของระบบโลจิสติกส์ ลักษณะทางพลศาสตร์ของเส้นทางการขนส่ง และสภาวะแวดล้อมของการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล และวิเคราะห์ต้นทุนการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่เหมาะสม เพื่อพัฒนารูปแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่เพื่อความได้เปรียบในการแข่งขัน

สำหรับวิธีการวิจัยสามารถได้แบ่งขอบเขตงานออกเป็น 4 ส่วนหลัก โดยเริ่มจาก 1) การศึกษาข้อมูลทุติยภูมิ ทบทวนงานวิจัย ทฤษฎีต่างๆ และศึกษาข้อมูลปฐมภูมิ จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง 2) การสำรวจและรวบรวมข้อมูลต้นทุน และข้อมูลที่เกี่ยวข้องในด้านการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล จากโรงงานน้ำตาลพิษณุโลก คลังสินค้า ท่าเรือ และสถานีบรรจุ และแยกสินค้ากล่อง ไอซีดี ลาดกระบัง โดยหลังจากการรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่จะใช้ในงานวิจัยทางผู้วิจัยได้นำมาวิเคราะห์ และมีการทวนสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้รวบรวมกับโรงงานน้ำตาลพิษณุโลก 3) การพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ จากข้อมูลปฐมภูมิ และข้อมูลทุติยภูมิ ที่ได้จากการสำรวจ และเก็บรวบรวม มาใช้ในการพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาต้นทุนโดยรวมในการส่งออกผลิตภัณฑ์น้ำตาลของโรงงานพิษณุโลก 4) การศึกษาลักษณะทางพลศาสตร์ของเส้นทางการขนส่ง และสภาวะแวดล้อมของการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล เพื่อใช้ในการออกแบบระบบภาชนะบรรจุที่มีความเหมาะสมที่จะช่วยลดความเสียหายของสินค้าในระหว่างการขนส่ง

โดยผลที่ได้จากโครงการวิจัยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรก คือ ผลจากการพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของการส่งออกผลิตภัณฑ์น้ำตาลของโรงงานพิษณุโลก เพื่อวิเคราะห์หา

เส้นทาง และรูปแบบการส่งออกผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่มีต้นทุนต่ำที่สุด พบว่า ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับพาหนะขนส่งและต้นทุนการขนถ่ายสินค้านั้นเป็นต้นทุนจากการดำเนินงานที่มีสัดส่วนมากที่สุดประมาณร้อยละ 40 ถึง 70 นอกจากนี้ การวิเคราะห์ต้นทุนการขนส่งน้ำตาลด้วยการกำหนดกรณีการขนส่งรูปแบบต่างๆ พบว่า รูปแบบการขนส่งที่มีต้นทุนรวมต่ำที่สุดคือการขนส่งโดยใช้รถไฟ ซึ่งต่ำกว่ารูปแบบอื่นๆ มากกว่าร้อยละ 40 นอกจากนี้จากผลการวิเคราะห์ความไวโดยใช้การเปลี่ยนแปลงของราคาน้ำมันดีเซล อัตราค่าระวางสินค้าบนรถไฟที่อาจเพิ่มขึ้นตามสภาวการณ์ทางเศรษฐกิจ หรืออัตราค่าระวางสินค้าบนรถไฟที่อาจลดลงหากรัฐบาลส่งเสริมและสนับสนุนการใช้ระบบรางเพื่อขนส่งสินค้า พบว่า การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของน้ำมันดีเซลและอัตราค่าระวางสินค้าทุกๆ ร้อยละ 10 จากราคาเดิมนั้นส่งผลต่อต้นทุนรวมด้านการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลให้เพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ไม่น้อยกว่า 3 ล้านบาท และส่วนสุดท้าย คือ ผลจากการการศึกษาลักษณะทางพลศาสตร์ของเส้นทางการขนส่ง และสภาวะแวดล้อมของการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล โดยผลจากการทดสอบความต้านทานต่อความสั่นสะเทือนของผลิตภัณฑ์น้ำตาล และผลการพิจารณาภาพรวมลักษณะทางพลศาสตร์ของเส้นทางการขนส่ง จากโรงงานน้ำตาลพิษณุโลกไปยังด่านพรมแดนเชียงของ-ห้วยทราย อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำตาลยังไม่เกิดระดับความเสียหายเมื่อระดับความถี่ของการสั่นสะเทือนที่เพิ่มขึ้นและการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลโดยใช้เส้นทางการขนส่ง จากโรงงานน้ำตาลพิษณุโลกไปยังด่านพรมแดนเชียงของ-ห้วยทราย อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย มีแนวโน้มไม่ทำให้สินค้าเสียหายในระหว่างการขนส่ง งานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับโรงงานผลิตน้ำตาลอื่นที่ต้องการคำนวณต้นทุนการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลเพื่อส่งออกทางท่าเรือเดินสมุทรทั้ง 3 กรณี คือการขนส่งโดยตรง การขนส่งผ่านคลังสินค้า และการขนส่งด้วยรถไฟ ซึ่งผลจากงานวิจัยแสดงองค์ประกอบของต้นทุนรวมของการขนส่งในแต่ละกรณี และยังได้แสดงองค์ประกอบของเวลาดำเนินงาน และต้นทุนรวมของกรณีการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (Multimodal Transportation) อีกด้วย ทั้งนี้ในการประยุกต์ใช้จะต้องมีการปรับวิธีการคำนวณต้นทุนแต่ละชนิดให้เป็นไปตามลักษณะการดำเนินงานของโรงงานนั้นๆ แต่ทั้งนี้ในกรณีการประยุกต์ใช้กับโรงงานอื่นๆ นอกเหนือจากโรงงานน้ำตาล สามารถประยุกต์ใช้ได้เช่นเดียวกัน แต่จะต้องมีการปรับวิธีการคำนวณต้นทุนรวมตามการดำเนินงานของโรงงานนั้นๆ แล้วจึงสามารถใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นได้ เพื่อคำนวณหาเส้นทางที่ดีที่สุดต่อไป

เนื่องจากในปัจจุบันรัฐบาลไทยมีโครงการพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor: EEC) เป็นแผนยุทธศาสตร์ภายใต้ไทยแลนด์ 4.0 มี

เป้าหมายหลักในการเติมเต็มภาพรวมในการส่งเสริมการลงทุน ซึ่งจะเป็นการยกระดับอุตสาหกรรมของประเทศ เพิ่มความสามารถในการแข่งขัน และทำให้เศรษฐกิจของไทยเติบโตได้ในระยะยาว โดยในระยะแรกจะเป็นการยกระดับพื้นที่ในเขต 3 จังหวัดคือ ชลบุรี ระยอง และฉะเชิงเทรา โดยการพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจดังกล่าวจะเกี่ยวข้องกับโครงสร้างพื้นฐานทางคมนาคมขนส่งเพื่อเชื่อมโยงการเดินทางทั้งทางบก ทางราง ทางน้ำ และทางอากาศแบบไร้รอยต่อ (Seamless operations) โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันจากการลดเวลาการเดินทางและต้นทุนการขนส่งที่สามารถเชื่อมโยงการขนส่งสินค้าของประเทศไทยกับภูมิภาคได้อย่างมีประสิทธิภาพ หนึ่งในระบบขนส่งที่มีประสิทธิภาพคือระบบการขนส่งทางรางเชื่อมโยงจีน ลาว ไทย และกัมพูชา ไปสิ้นสุดยังท่าเรือน้ำลึกแหลมฉบัง จ.ชลบุรี

ข้อมูลจากเว็บไซต์ของสำนักงานเพื่อการพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก (สกรศ.) ประจำปี พ.ศ. 2559 ระบุว่า ท่าเรือแหลมฉบังมีขีดความสามารถที่จะรองรับตู้สินค้าได้สูงสุดประมาณ 11 ล้านตู้ต่อปี และรถยนต์ประมาณ 2 ล้านคันต่อปี ซึ่งปัจจุบันท่าเรือแหลมฉบังมีปริมาณการขนถ่ายตู้คอนเทนเนอร์ผ่านท่าเรือประมาณ 7 ล้านตู้ต่อปี และรถยนต์ประมาณ 1 ล้านคันต่อปี หรือเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 19,170 ตู้ และ 2,740 คัน ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดความแออัดของท่าเรือเป็นอย่างมาก ทั้งนี้ โครงการพัฒนาท่าเรือแหลมฉบังในระยะที่ 3 ได้วางแผนการเพิ่มสัดส่วนการขนส่งตู้สินค้าผ่านท่าเรือโดยรถไฟจากร้อยละ 7 เป็นร้อยละ 30 หรือ 4 ล้านตู้ต่อปี โดยใช้ระบบอัตโนมัติเพื่อลดความแออัดดังกล่าว

จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่ารัฐบาลไทยส่งเสริมให้มีการใช้ระบบรางในการขนส่งสินค้า ดังนั้น ทางรัฐบาลจึงมีโครงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งสินค้า อย่างเช่น การพัฒนาระบบราง การพัฒนาระบบการขนถ่ายสินค้าแบบอัตโนมัติ เพื่อลดเวลาการเดินทางและต้นทุนการขนส่งสินค้า ซึ่งตัวแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลในงานวิจัยฉบับนี้ได้นำรูปแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลด้วยรถไฟเข้ามาพิจาณาร่วมกับการขนส่งรูปแบบอื่นๆ อย่างละเอียด เพื่อศึกษาถึงต้นทุนการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่สามารถเพิ่มความได้เปรียบในการแข่งขันสำหรับผลิตภัณฑ์น้ำตาลของโรงานน้ำตาลพิษณุโลก รวมถึงการนำไปปรับใช้สำหรับโรงงานน้ำตาลอื่นๆ ทั่วประเทศที่อาจตอบสนองต่อแผนยุทธศาสตร์ภายใต้ ไทยแลนด์ 4.0 ของรัฐบาลได้เป็นอย่างดีในอนาคต

และในส่วนของข้อเสนอแนะต่อบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตน้ำตาล และลักษณะทางพลศาสตร์ของเส้นทางการขนส่ง โดยจากผลการทดสอบ พบว่า โรงงานน้ำตาลพิษณุโลก ได้ใช้บรรจุภัณฑ์ และเส้นทางการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล ที่ไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อผลิตภัณฑ์น้ำตาลแล้ว ดังนั้นจึงควรใช้เป็นมาตรฐานต่อไป

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันภาคอุตสาหกรรมมีบทบาทมากขึ้นต่อโครงสร้างทางเศรษฐกิจของประเทศ สินค้าจากอุตสาหกรรมการเกษตรยังคงเป็นหนึ่งในสินค้าที่สำคัญจากภาคอุตสาหกรรมของประเทศ ซึ่งทำให้ประเทศมีรายได้เป็นจำนวนมากในแต่ละปี หนึ่งในอุตสาหกรรมที่มีส่วนสำคัญต่อการขยายตัวของเศรษฐกิจของประเทศ ได้แก่ อุตสาหกรรมน้ำตาล ในกระบวนการดำเนินงานของอุตสาหกรรมน้ำตาล พบว่า กิจกรรมที่เกี่ยวข้องด้านโลจิสติกส์มีบทบาทสำคัญต่ออุตสาหกรรมนี้อย่างมากเนื่องจากมีส่วนเกี่ยวข้องกับต้นทุนรวมโดยตรง โดยเฉพาะการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลจากโรงงานไปยังลูกค้า งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อหารูปแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่สร้างความได้เปรียบในการแข่งขัน ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษารูปแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลทางถนนและทางรถไฟ ศึกษาโครงสร้างพื้นฐานของระบบโลจิสติกส์ ลักษณะทางพลศาสตร์และสภาวะแวดล้อมของการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล จากการศึกษาและวิจัยพบว่า ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับพาหนะขนส่งและต้นทุนการขนถ่ายสินค้านั้นเป็นต้นทุนจากการดำเนินงานที่มีสัดส่วนมากที่สุดประมาณร้อยละ 40 ถึง 70 นอกจากนี้การวิเคราะห์ต้นทุนการขนส่งน้ำตาลด้วยการกำหนดกรณีการขนส่งรูปแบบต่างๆ พบว่า รูปแบบการขนส่งที่มีต้นทุนรวมต่ำที่สุดคือการขนส่งโดยใช้รถไฟ ซึ่งต่ำกว่ารูปแบบอื่นๆ มากกว่าร้อยละ 40 นอกจากนี้จากผลการวิเคราะห์ความไวโดยใช้การเปลี่ยนแปลงของราคาน้ำมันดีเซล อัตราค่าระวางสินค้าบนรถไฟที่อาจเพิ่มขึ้นตามสภาวการณ์ทางเศรษฐกิจ หรืออัตราค่าระวางสินค้าบนรถไฟที่อาจลดลงหากรัฐบาลส่งเสริมและสนับสนุนการใช้ระบบรางเพื่อขนส่งสินค้าพบว่า การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของน้ำมันดีเซลและอัตราค่าระวางสินค้าทุกๆ ร้อยละ 10 จากราคาเดิมนั้นส่งผลต่อต้นทุนรวมด้านการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลให้เพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ไม่น้อยกว่า 3 ล้านบาท

คำสำคัญ: ผลิตภัณฑ์น้ำตาล การพัฒนารูปแบบการขนส่ง ต้นทุนการขนส่ง บรรจุภัณฑ์ โครงสร้างพื้นฐานของระบบโลจิสติกส์

Abstract

Nowadays, Thailand's industrial sectors play an important role in economic structure. One of the industry products of Thailand is agricultural products. The agricultural products can make the high level of income in each year. Definitely, sugar industry is significant in this argument. In the operations processes of sugar industry, logistics activities affect the operating cost directly especially the transportation costs. The aims of this research project are to study the transportation model that can give the competitive advantages to the sugar industry, including; study the transportation modes for sugar products both of road and rail, study the logistics' infrastructure, and study the characteristics of dynamics and environment for transport the sugar product. The results demonstrate that costs of transporting vehicles and transferring for sugar products are the most of operating cost by 40-70% overall. Moreover, the analysis of operating costs by many cases found that using of rail transportation is the best choice for export sugar products. Rail transportation can reduce operating cost at least 40% when compare with other choices. Furthermore, the results from sensitivity analysis by oil price, and train's freight rate indicate that the percentage of oil price or train's freight rate increases or decreases just 10% by step can affect to the total cost of operating not less than 3 million baht.

Keywords: Sugar product, Transportation model development, Transportation cost, Packaging, Logistics Infrastructure

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณหน่วยงานทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน ที่ได้เสียสละเวลาในการให้ความร่วมมือ ทั้งการลงพื้นที่ในการศึกษาดูงาน การสัมภาษณ์ รวมถึงการสนับสนุนข้อมูลต่างๆ ที่คณะผู้วิจัยได้นำมาใช้ในโครงการวิจัยนี้ อันได้แก่ สำนักคณะกรรมการอ้อย และน้ำตาลทราย โรงงานน้ำตาลพิษณุโลก คลังสินค้า พี.เค. บางไทร ท่าเรือเคอร์รี่ สยามซีพอร์ต สถานีบรรจุ และแยกสินค้ากล่องลาดกระบัง และบริษัท ทิฟฟ่า จำกัด

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (ว.ช.) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (ส.ก.ว.) ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ และคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้ให้ความคิดเห็นต่อประเด็นต่างๆ เพื่อให้โครงการวิจัยดำเนินไปอย่างสมบูรณ์

คณะผู้วิจัย

เมษายน 2561

สารบัญ

หน้า

บทสรุปผู้บริหาร ..... ก

บทคัดย่อ ..... จ

Abstract ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1

1.2 การขนส่งน้ำตาลในปัจจุบัน 2

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

1.4 ขอบเขตการวิจัย 3

1.5 แผนดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย 4

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์ 6

2.1 โครงข่ายโซ่อุปทานและโลจิสติกส์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.1.1 โลจิสติกส์ขาเข้าและขาออก 6

2.1.2 การขนส่ง และรูปแบบการขนส่ง 9

2.1.3 ต้นทุนโลจิสติกส์ 26

2.1.4 ต้นทุนการขนส่ง 27

2.15 การลดต้นทุนการขนส่งโดยการพิจารณาถึงการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ 28

2.1.6 ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการขนย้ายและขนส่งน้ำตาล 29

2.1.7 การวัดประสิทธิภาพของการขนส่ง 41

2.1.8 ลักษณะทางพลศาสตร์ของเส้นทางการขนส่ง และสภาพแวดล้อมของการขนส่ง 42

2.1.9 การขนส่ง และการกระจายสินค้าน้ำตาลทราย 48

2.1.10 ข้อกำหนดการส่งมอบสินค้า (International Commercial Terms) 48

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2 อ้อยและน้ำตาลทรายและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 51
2.2.1 พระราชบัญญัติอ้อยและน้ำตาลทราย พ.ศ. 2527 51
2.2.2 ระเบียบคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย 51
2.2.3 ประกาศคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย 55
2.2.4 ปริมาณการผลิตน้ำตาลทรายในประเทศไทย 59
2.2.5 คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์น้ำตาล 61
2.2.6 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำตาลทราย 63
2.2.7 บรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งของผลิตภัณฑ์น้ำตาล 71
2.2.8 ชนิดของบรรจุภัณฑ์ 74
2.2.9 การวิเคราะห์คุณสมบัติของวัสดุ และบรรจุภัณฑ์ 81
2.2.10 บรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งต่อการกระจายสินค้า และระบบโลจิสติกส์ 84
บทที่ 3 ระเบียบวิธีการวิจัย 89
3.1 วิธีดำเนินงานวิจัย 89
3.1.1 การศึกษารูปแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลทางถนน และทางรถไฟ 90
3.1.2 การศึกษาโครงสร้างพื้นฐานของระบบ โลจิสติกส์ลักษณะทางพลศาสตร์ของเส้นทางการขนส่งและสภาวะแวดล้อมของการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล 93
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย 98
3.3 แหล่งที่มาของข้อมูล 99
3.4 วิธีการเก็บข้อมูล 99
3.4.1 การออกแบบแบบฟอร์มเก็บข้อมูล 100
3.4.2 การสัมภาษณ์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง 101
3.4.3 วรรณกรรมปริทัศน์ 104
3.4.4 การสืบค้นทางอินเตอร์เน็ต 104

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4.5 การเก็บข้อมูลโดยใช้อุปกรณ์ชุดบันทึกข้อมูลทางด้านพลศาสตร์การขนส่ง (Shock and vibration data logger) 104
3.5 วิธีการแก้ปัญหา 104
3.6 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล 105
บทที่ 4 แนวทางการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล 107
4.1 รูปแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลของโรงงานพิษณุโลกในปัจจุบัน 107
4.2 แนวทางการพัฒนาวิธีและรูปแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล 112
4.2.1 ผลิตภัณฑ์น้ำตาลแบบกระสอบ (Bag) 112
4.2.2 ผลิตภัณฑ์น้ำตาลแบบเทกอง (Bulk) 112
4.3 ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ 113
4.4 การพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล 126
4.4.1 ข้อตกลงเบื้องต้น 126
4.4.2 กำหนดเซตและดัชนี 127
4.4.3 ตัวแปรทราบค่า 127
4.4.4 ตัวแปรตัดสินใจ 128
4.4.5 ฟังก์ชันเป้าประสงค์ 128
4.4.6 เงื่อนไขบังคับ 129
4.5 วิเคราะห์ อภิปราย ผลการหาคำตอบสำหรับแนวทางการขนส่งที่เพิ่มความได้เปรียบในการแข่งขัน สำหรับผลิตภัณฑ์น้ำตาล 130
4.5.1 ด้านต้นทุน 130
4.5.2 ด้านคุณลักษณะและบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์น้ำตาล 152
4.5.3 ด้านเส้นทางและสภาพแวดล้อมของการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล 153
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 156
5.1 สรุปผลการวิจัย 158

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.2 ข้อเสนอแนะ 159
บรรณานุกรม 161
ภาคผนวก ก รายงานการเก็บข้อมูลภาคสนาม 163
ภาคผนวก ข สรุปการประชุมสัมมนากลุ่มย่อย 166
ภาคผนวก ค ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมและผลที่ได้รับ 174

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 กำลังการผลิตของโรงงานในกลุ่มไทยรุ่งเรือง 7
ตารางที่ 2.2 ผลการทดลองการศึกษาในการปรับเปลี่ยนเส้นทางการขนส่ง 25
ตารางที่ 2.3 รายชื่อด่านศุลกากรที่อนุญาตให้ส่งออกน้ำตาลทรายในปัจจุบัน 36
ตารางที่ 2.4 ต้นทุนที่เกี่ยวข้องทั้งหมดในแต่ละรูปแบบสำหรับการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล 40
ตารางที่ 2.5 อันตรายที่พบโดยทั่วไปในระหว่างการขนส่ง 45
ตารางที่ 2.6 ปริมาณที่ผลิตน้ำตาลในแต่ละปี แยกตามโควตา 56
ตารางที่ 2.7 ปริมาณการผลิตน้ำตาลทรายในประเทศไทย 60
ตารางที่ 2.8 คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีของน้ำตาลทราย 65
ตารางที่ 2.9 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำตาลทราย 66
ตารางที่ 2.10 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำตาลทราย 67
ตารางที่ 2.11ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำตาลทราย (ต่อ) 70
ตารางที่ 2.12 ระบบภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง 73
ตารางที่ 3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย 98
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ 116
ตารางที่ 4.2 ต้นทุน ความสามารถของคลังสินค้าและท่าเรือ (Table of cost, capacity of warehouse and seaport) 117
ตารางที่ 4.3 ค่าใช้จ่ายที่สถานีบรรจุ และแยกสินค้ากล่อง ไอซีดี ลาดกระบัง 118
ตารางที่ 4.4 อัตราค่าระวางขนส่งสินค้าทางรถไฟระหว่าง ICD-แหลมฉบัง หรือแหลมฉบัง-ICD 118
ตารางที่ 4.5 วิธีการคำนวณค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าออก (Export) ทางรถไฟจาก ICD ลาดกระบัง ถึงท่าเรือแหลมฉบัง 119
ตารางที่ 4.6 เวลาการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟจาก ICD ลาดกระบัง ถึง ท่าเรือแหลมฉบัง 119
ตารางที่ 4.7 ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟของบริษัท ทิฟฟ่า ไอซีดี จำกัด 120
ตารางที่ 4.8 ข้อมูลที่ได้รับจากโรงงานน้ำตาลพิษณุโลก 121

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.9 ข้อมูลและประเภทรถ และความจุแต่ละประเภท 122
ตารางที่ 4.10 ตัวแปรทราบค่า และวิธีคำนวณค่าจากตัวแปรทราบค่าที่จะนำไปใช้ในตัวแบบทางคณิตศาสตร์ 123
ตารางที่ 4.11 การกำหนดค่าให้ตัวแปรทราบค่า และคำนวณค่าจากตัวแปรทราบค่าตามสูตร 124
ตารางที่ 4.12 ตัวอย่างวิธีการคิดต้นทุนรวม 3 กรณี 125
ตารางที่ 4.13 ต้นทุนการขนส่งที่ดีที่สุดของการขนส่งแต่ละกรณี 132
ตารางที่ 4.14 องค์ประกอบของต้นทุนรวม 134
ตารางที่ 4.15 องค์ประกอบของเวลาในการดำเนินงานของแต่ละกรณี 135
ตารางที่ 4.16 คำย่อพร้อมคำอธิบายของการขนส่งแต่ละกรณี 137
ตารางที่ 4.17 สรุปขั้นตอนการขนส่งของแต่ละกรณี 138
ตารางที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์ความไวของการขนส่งกรณีที่ 1 และ 2 โดยใช้การเปลี่ยนแปลงของราคาน้ำมันดีเซล 142
ตารางที่ 4.19 ผลการวิเคราะห์ความไวการขนส่งกรณีที่ 3 โดยใช้การเปลี่ยนแปลงอัตราค่าระวางสินค้าบนรถไฟ 144
ตารางที่ 4.20 ข้อดีหรือผลประโยชน์ที่จะได้รับ และข้อเสียหรือข้อจำกัดของการขนส่งแต่ละกรณี 146
ตารางที่ 4.21 การกำหนดค่าให้ตัวแปรทราบค่าที่ใช้ในการคำนวณต้นทุนการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล กรณีใช้การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (Multimodal Transportation) 147
ตารางที่ 4.22 องค์ประกอบของเวลาดำเนินงาน และต้นทุนรวมของกรณีการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (Multimodal Transportation) 149
ตารางที่ 4.23 ลักษณะทางพลศาสตร์ของเส้นทางขนส่งจากโรงงานน้ำตาลพิษณุโลกไปยังด่านพรมแดนเชียงของ-ห้วยทราย จังหวัดเชียงราย 157

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย 4
ภาพที่ 2.1 โครงสร้างโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลในประเทศไทย 6
ภาพที่ 2.2 ที่ตั้งของโรงงานในกลุ่มไทยรุ่งเรือง 8
ภาพที่ 2.3 เส้นทางรถไฟสายเหนือ 11
ภาพที่ 2.4 เส้นทางรถไฟสายใต้ 11
ภาพที่ 2.5 เส้นทางรถไฟสายตะวันออกเฉียงเหนือ 12
ภาพที่ 2.6 เส้นทางรถไฟในประเทศไทย 13
ภาพที่ 2.7 สถานีบรรจุและแยกสินค้ากล่องลาดกระบัง 15
ภาพที่ 2.8 ตัวอย่างรูปแบบการขนส่งแบบถึงมือผู้รับ (Door to Door) และแบบถึงท่า (Door to Port) 16
ภาพที่ 2.9 สัดส่วนการขนส่งแต่ละรูปแบบ 17
ภาพที่ 2.10 ต้นทุนการของการขนส่งแต่ละรูปแบบ 17
ภาพที่ 2.11 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานของการขนส่ง 18
ภาพที่ 2.12 แผนและยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบโลจิสติกส์ และโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่ง 19
ภาพที่ 2.13 ตัวแบบการส่งออกผลิตภัณฑ์น้ำตาลของกลุ่มวังขนาย 23
ภาพที่ 2.14 กิจกรรมโลจิสติกส์ 27
ภาพที่ 2.15 ค่าใช้จ่ายการขนส่งต่อกิโลเมตรระหว่างการขนส่งด้วยรถบรรทุก และรถไฟ 29
ภาพที่ 2.16 น้ำตาลทรายบรรจุถุงและบรรจุกระสอบ 30
ภาพที่ 2.17 ตัวอย่างสายพานลำเลียงผลิตภัณฑ์น้ำตาล 31
ภาพที่ 2.18 ตัวอย่างลวดสลิง (Pre-sling) เพื่อขนย้ายผลิตภัณฑ์น้ำตาล 31
ภาพที่ 2.19 ตัวแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลกรณีศึกษากลุ่มน้ำตาลวังขนาย 33
ภาพที่ 2.20 เรือโป๊ะขนส่งสินค้าบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยา ประเทศไทย 34
ภาพที่ 2.21 เครนหน้าท่า (Gantry Crane) ขนย้ายสินค้า 34

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 2.22 แสดงตำแหน่งที่ตั้งสำนักงาน/ด่านศุลกากรในประเทศไทย 37
ภาพที่ 2.23 แผนภูมิขั้นตอนการส่งออกผลิตภัณฑ์น้ำตาลไปต่างประเทศ 38
ภาพที่ 2.24 การเคลื่อนย้ายและขนส่งสินค้า 46
ภาพที่ 2.25 ข้อกำหนดการส่งมอบสินค้า 49
ภาพที่ 2.26 น้ำตาลทรายดิบ 61
ภาพที่ 2.27 น้ำตาลทรายขาว และน้ำตาลทรายบริสุทธิ์ 62
ภาพที่ 2.28 ค่ามาตรฐานด้านค่าสีและค่าความชื้นของน้ำตาลทรายขาว 68
ภาพที่ 2.29 ค่ามาตรฐานด้านค่าสีและค่าความชื้นของน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ 68
ภาพที่ 2.30 ปริมาณการส่งออกน้ำตาลทราย ปี 2558 69
ภาพที่ 2.31 รูปแบบการวางเรียงซ้อนกล่องกระดาษ 75
ภาพที่ 2.32 ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์กล่องกระดาษลูกฟูก 79
ภาพที่ 2.33 ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์พลาสติก 80
ภาพที่ 2.34 การทดสอบการต้านแรงกด 81
ภาพที่ 2.35 การทดสอบแรงสั่นสะเทือน 82
ภาพที่ 2.36 เครื่องทดสอบการต้านแรงตกกระแทก 83
ภาพที่ 2.37 บรรจุภัณฑ์ในระบบการขนส่งสินค้า 86
ภาพที่ 3.1 องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับระเบียบวิธีดำเนินงานวิจัย 89
ภาพที่ 3.2 วิธีดำเนินงานวิจัย 90
ภาพที่ 3.3 ผังแสดงขั้นตอนการการศึกษารูปแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลทางถนน และทางรถไฟ 91
ภาพที่ 3.4 เครื่อง Data Logger for Shock & Vibration Model MSR165 93
ภาพที่ 3.5 ลักษณะการสั่นสะเทือนของสินค้าในระหว่างการขนส่ง 95

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 3.6 การจำลองสภาพการขนส่งด้วยเครื่อง Simulation Transportation Vibration Table 96
ภาพที่ 3.7 ถุงบรรจุน้ำตาลทรายหลังการทดสอบการสั่นสะเทือน 97
ภาพที่ 3.8 ลักษณะการทดสอบการกระแทกของสินค้า 98
ภาพที่ 3.9 แหล่งที่มาของข้อมูล 99
ภาพที่ 3.10 ตัวอย่างเอกสารเก็บข้อมูลด้านการสั่งซื้อของลูกค้า 101
ภาพที่ 3.11 คณะผู้วิจัยได้พบผู้บริหารโรงงานน้ำตาลพิษณุโลก 101
ภาพที่ 3.12 คณะผู้วิจัยสัมภาษณ์ ทางโรงงานน้ำตาลพิษณุโลก 102
ภาพที่ 3.13 คณะผู้วิจัยสัมภาษณ์ ฝ่ายจัดหาวัตถุดิบ (โรงงานน้ำตาลพิษณุโลก) 103
ภาพที่ 3.14 คณะผู้วิจัยสัมภาษณ์หัวหน้าแผนกขนส่งของโรงงานน้ำตาลพิษณุโลก 103
ภาพที่ 3.15 ผังแสดงวิธีการแก้ปัญหา 105
ภาพที่ 4.1 โครงข่ายโลจิสติกส์ขาออกของโรงงานน้ำตาลพิษณุโลกที่เป็นไปได้ทั้งหมดในปัจจุบัน 109
ภาพที่ 4.2 โครงข่ายโลจิสติกส์ขาออกของโรงงานน้ำตาลพิษณุโลกที่ใช้ในปัจจุบัน 110
ภาพที่ 4.3 แผนที่แสดงระยะห่างระหว่างจุดส่งมอบสินค้ากับโรงงานน้ำตาลพิษณุโลก (Arm length) 111
ภาพที่ 4.4 ภาพรวมของการขนส่งน้ำตาลของโรงงานพิษณุโลก 111
ภาพที่ 4.5 โครงข่ายโลจิสติกส์ขาออกของโรงงานน้ำตาลพิษณุโลกที่พิจารณาถึงการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลระบบทางด้วยรถไฟ 112
ภาพที่ 4.6 ต้นทุนการขนส่งในเส้นทางปัจจุบัน และต้นทุนรวมที่ดีที่สุดของการขนส่งแต่ละกรณี 133
ภาพที่ 4.7 การเปรียบเทียบต้นทุนการขนส่งรวมของแต่ละกรณี 138
ภาพที่ 4.8 สัดส่วนของต้นทุนการขนส่งกรณีที่ 1 139
ภาพที่ 4.9 สัดส่วนของต้นทุนการขนส่งกรณีที่ 2 140
ภาพที่ 4.10 สัดส่วนของต้นทุนการขนส่งกรณีที่ 3 141

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4.11 การวิเคราะห์ความไวการขนส่งกรณีที่ 1 และ 2 โดยใช้การเปลี่ยนแปลงของราคาน้ำมันดีเซล 143
ภาพที่ 4.12 การวิเคราะห์ความไวการขนส่งกรณีที่ 3 โดยใช้การเปลี่ยนแปลงอัตราค่าระวางสินค้าบนรถไฟ 145
ภาพที่ 4. 13 เปรียบเทียบต้นทุนการขนส่งในแต่ละกรณี 151
ภาพที่ 4. 14 สัดส่วนของต้นทุนการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (Multimodal Transportation) 151
ภาพที่ 4.15 ลักษณะโดยรวมกล่องบรรจุผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่ผ่านการทดสอบการสั่นสะเทือนในแต่ละระดับความถี่ 153
ภาพที่ 4.16 ลักษณะภายนอกของถุงน้ำตาลที่ผ่านการทดสอบการสั่นสะเทือนในแต่ละระดับความถี่ 153
ภาพที่ 4. 17 การเคลื่อนย้ายและลำเลียงผลิตภัณฑ์น้ำตาลขึ้นตู้คอนเทนเนอร์ 154
ภาพที่ 4.18 การวางเรียงซ้อนผลิตภัณฑ์น้ำตาลในการขนส่งเพื่อการส่งออก 155
ภาพที่ 4.19 ตู้คอนเทนเนอร์แบบตู้แห้งติดตั้งระบบทำความเย็นขนาดมาตรฐาน 40 ฟุต 155
ภาพที่ 4.20 สัญญาณด้านพลศาสตร์ของเส้นทางขนส่งจากโรงงานน้ำตาลไปยังด่านพรมแดนเชียงของ-ห้วยทราย จังหวัดเชียงราย ด้วยอุปกรณ์วัดสัญญาณความเร่งแบบสามทาง 156

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันประเทศไทยมีโครงสร้างทางเศรษฐกิจที่เน้นภาคอุตสาหกรรมมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามสินค้าที่ได้จากภาคการเกษตรยังคงเป็นวัตถุดิบสำคัญของภาคอุตสาหกรรม ซึ่งทำรายได้เข้าประเทศเป็นจำนวนมากในแต่ละปี อุตสาหกรรมหนึ่งที่ถือว่ามีส่วนสำคัญที่ส่งผลต่อการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศ ได้แก่ อุตสาหกรรมน้ำตาล ซึ่งน้ำตาลที่ได้จากกระบวนการผลิตถือว่าเป็นผลิตภัณฑ์หลักของอุตสาหกรรม ส่วนที่เหลือสามารถนำไปใช้ภายในโรงงานน้ำตาล หรือนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์อื่นได้อีก เรียกว่า ผลผลิตพลอยได้ (By-Products) โดยผลิตภัณฑ์น้ำตาลสามารถสร้างรายได้ให้แก่ประเทศเป็นจำนวนมากในแต่ละปี รวมทั้งยังสามารถสร้างงานแก่ประชาชนในประเทศอีกด้วย โดยกระบวนการดำเนินงานของอุตสาหกรรมน้ำตาล โลจิสติกส์นับว่ามีบทบาทความสำคัญอย่างมากเนื่องจากมีส่วนเกี่ยวข้องกับต้นทุนโดยตรง โดยเฉพาะกิจกรรมโลจิสติกส์ด้านการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลจากโรงงานสู่ลูกค้าซึ่งเป็นกิจกรรมที่มีผลกระทบต่อความพอใจของลูกค้า และต้นทุนโดยรวมอันเป็นส่วนสำคัญของความได้เปรียบและความสามารถในการแข่งขัน

การขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลหรือน้ำตาลทรายจากโรงงานแปรรูปไปยังลูกค้าปลายทาง แบ่งออกเป็น การขนส่งเพื่อใช้ภายในประเทศ และการขนส่งเพื่อการส่งออก และเนื่องจากน้ำตาลทรายเป็นสินค้าควบคุม โรงงานน้ำตาลทรายจึงขายน้ำตาลทรายภายในประเทศตามโควตาที่โรงงานได้รับจากคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย โดยอาจขายให้กับตัวแทนจำหน่ายร้านค้าขนาดใหญ่ (Modern trade) ซึ่งจะขายต่อให้ร้านค้าปลีก และผู้บริโภคนอกจากนี้โรงงานน้ำตาลทรายอาจจะขายให้กับโรงงานอุตสาหกรรมต่อเนื่องที่ใช้น้ำตาลเป็นวัตถุดิบดังนั้น การขนส่งเพื่อใช้ในประเทศ จะแบ่งออกเป็น การขนส่งจากโรงงานแปรรูปน้ำตาลไปยังตัวแทนจำหน่ายเพื่อกระจายไปยังผู้บริโภคในประเทศ และการขนส่งจากโรงงานแปรรูปน้ำตาลไปยังโรงงานอุตสาหกรรมต่อเนื่องที่ใช้น้ำตาลเป็นสินค้าขั้นกลาง

ประเทศไทยให้ความสำคัญต่อการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบมากขึ้น โดยการผสมผสานระหว่างระบบขนส่งทางรางและทางรถบรรทุกได้รับความสนใจในอุตสาหกรรมน้ำตาลมากขึ้น เนื่องจากเป็นรูปแบบการขนส่งที่ลดต้นทุนโลจิสติกส์โดยรวม โดยสำหรับการขนส่งทางรางนั้น จะมีต้นทุนที่ต่ำกว่าการขนส่งทางถนน ถึง 2 เท่า[1]แต่อย่างไรก็ตามการขนส่งทางรางยังมีจุดอ่อนในเรื่อง

ของการขนส่งสินค้าที่ล่าช้า อันเนื่องมาจากอุปสรรคหลายประการ เช่น ข้อจำกัดในด้านโครงสร้างพื้นฐาน รวมถึงการจัดการของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการศึกษาเพื่อพัฒนารูปแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่ช่วยลดต้นทุนโดยรวม และสามารถเพิ่มความได้เปรียบในการแข่งขัน ซึ่งจะทำให้อุตสาหกรรมน้ำตาลมีความมั่นคงและเจริญเติบโต

ซึ่งในกระบวนการดำเนินงานของอุตสาหกรรมน้ำตาล ระบบโลจิสติกส์เป็นปัจจัยหนึ่งที่ยกระดับความสามารถทางการแข่งขันทางการค้าการลงทุน เพราะ “โลจิสติกส์” นับว่าเป็นต้นทุนที่สำคัญ ยิ่งเมื่อมีผลกระทบจากราคาน้ำมันซึ่งเป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อเศรษฐกิจโลกแล้ว การบริหารจัดการด้านโลจิสติกส์จึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องจัดการให้มีประสิทธิภาพ[2]โดยเฉพาะกิจกรรมโลจิสติกส์ด้านการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลจากโรงงานสู่ลูกค้า ซึ่งเป็นกิจกรรมที่มีผลกระทบต่อความพอใจของลูกค้าและต้นทุนโดยรวม อันเป็นส่วนสำคัญของความได้เปรียบและความสามารถในการแข่งขัน ความเสียหายทางกายภาพของสินค้า (Physical Damage)

เนื่องจากแรงกระทำเชิงกลในระหว่างการขนส่งและกระจายสินค้า เกิดจากการตกกระทบ (Impact Bruising) หรือบาดแผลที่เกิดจากการสั่นสะเทือน (Vibration Bruising) เป็นต้น โดยส่วนใหญ่เป็นความเสียหายเนื่องจากแรงเชิงกล ดังเช่น แรงกดทับ การกระแทก การสั่นสะเอน และการเสียดสี ในระหว่างการขนส่ง แนวทางการลดความเสียหายทางกายภาพของสินค้าดังกล่าว จำเป็นต้องพิจารณาองค์ประกอบของระบบโลจิสติกส์ทั้งหมด กระบวนการจัดและปัจจัยสนับสนุนในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดการลำเลียงสินค้า วิธีการขนส่งสินค้า (รถบรรทุก) ข้อมูลทางพลศาสตร์ของเส้นทางการขนส่งสินค้า (Shock and Vibration) ในโกดัง ซึ่งข้อมูลดังกล่าว สามารถนำมาใช้ในการออกแบบระบบภาชนะบรรจุที่มีความเหมาะสมที่จะช่วยลดความเสียหายของสินค้าในระหว่างการขนส่งต่อไป

1.2 การขนส่งน้ำตาลในปัจจุบัน

การขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลจะเริ่มต้นจากการลำเลียงผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่ถูกจัดเก็บไว้ในคลังสินค้าภายในโรงงานลงรถบรรทุกสินค้าเพื่อนำไปส่งมอบให้กับลูกค้า ซึ่งการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลเพื่อนำไปส่งมอบให้กับลูกค้านั้นสามารถแบ่งได้ 2 ลักษณะใหญ่ ได้แก่ 1) การขนส่งน้ำตาลเพื่อส่งมอบให้กับลูกค้าภายในประเทศ และ 2) การขนส่งน้ำตาลเพื่อการส่งออก

การขนส่งน้ำตาลเพื่อส่งมอบให้กับลูกค้าภายในประเทศ มักจะใช้รูปแบบการขนส่งทางบกโดยใช้รถบรรทุกเป็นหลัก เนื่องจากการขนส่งทางรางด้วยรถไฟนั้นยังไม่มีโครงสร้างพื้นฐานที่เหมาะสมสำหรับการขนส่งมากเพียงพอ ยกตัวอย่างเช่น จุดขนถ่ายสินค้า โครงข่ายรางรถไฟ เป็นต้น

การส่งน้ำตาลเพื่อการส่งออก โดยส่วนใหญ่แล้วน้ำตาลจะถูกขนถ่ายไปยังประเทศปลายทางด้วยรูปแบบการขนส่งทางน้ำโดยใช้เรือบรรทุกสินค้าเป็นหลัก ทั้งนี้ น้ำตาลจะต้องถูกขนถ่ายจากคลังเก็บสินค้าของโรงงานด้วยรถบรรทุกสินค้าไปจัดเก็บไว้ที่ท่าเรือหรือคลังเก็บสินค้าสาธารณะก่อน เช่น อ่างทองคลังสินค้า อ่าวไทยคลังสินค้า เป็นต้น แล้วจึงขนถ่ายขึ้นเรือบรรทุกสินค้าเพื่อดำเนินการขนส่งต่อไป

นอกจากนี้การขนส่งน้ำตาลยังต้องพิจารณาถึงลักษณะของผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่ทำการขนส่ง โดยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะผลิตภัณฑ์ ได้แก่ การขนส่งน้ำตาลแบบกระสอบ และการขนส่งน้ำตาลแบบเทกอง ซึ่งเป็นไปตามความต้องการของลูกค้าเป็นหลัก

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.3.1 เพื่อศึกษารูปแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลทางถนนและทางรถไฟ

1.3.2 เพื่อศึกษาโครงสร้างพื้นฐานของระบบโลจิสติกส์ ลักษณะทางพลศาสตร์ของเส้นทางการขนส่ง และสภาวะแวดล้อมของการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล

1.3.3 เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่เหมาะสม

1.4 ขอบเขตการวิจัย

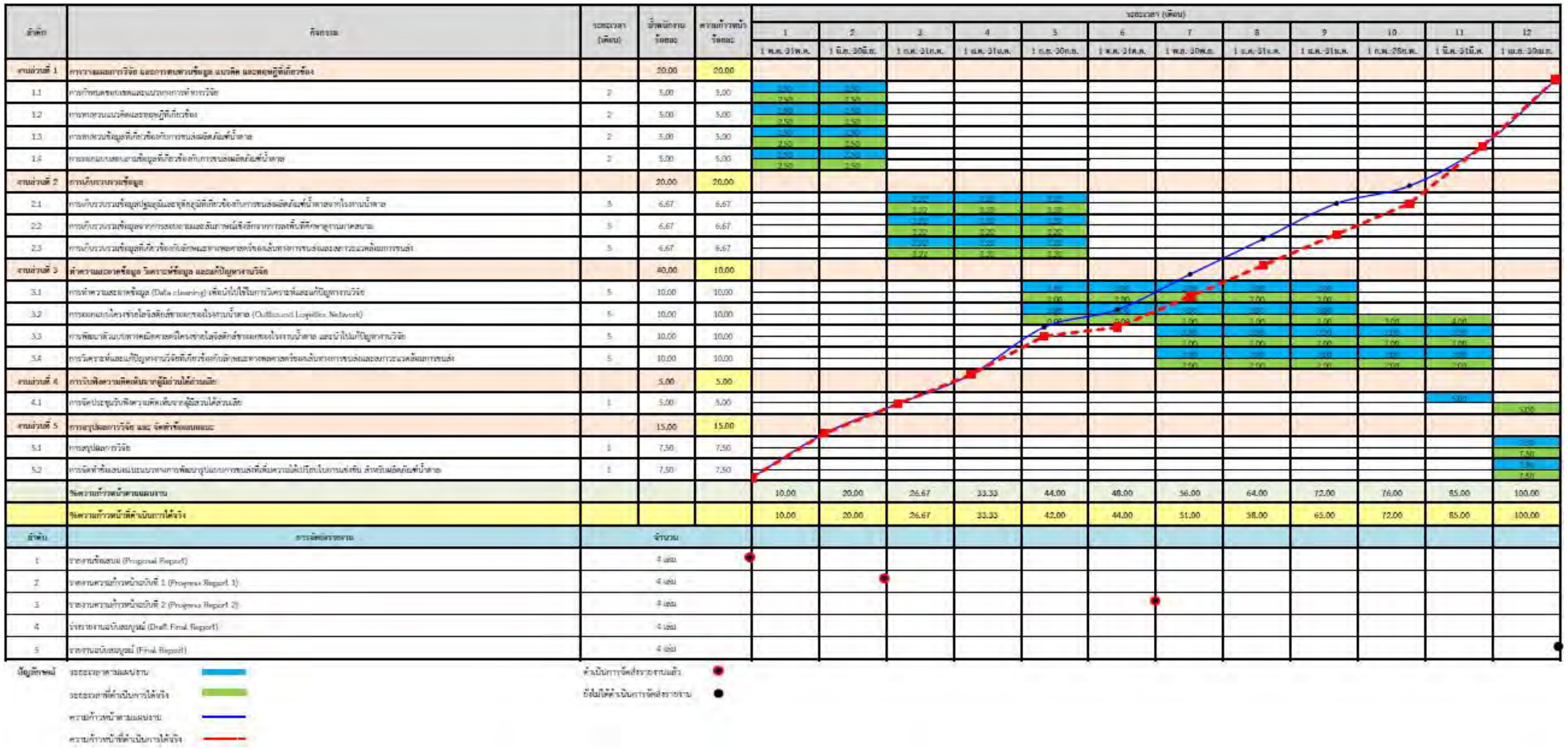
1.4.1 รูปแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลของโรงงานน้ำตาลพิษณุโลกทางถนนและทางรถไฟ

1.4.2 ต้นทุนการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลของโรงงานน้ำตาลพิษณุโลก

1.4.3 ลักษณะทางพลศาสตร์ของเส้นทางการขนส่ง และสภาวะแวดล้อมของการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล และการสังเคราะห์เชื่อมโยงกับองค์ประกอบอื่นๆ ของระบบโลจิสติกส์ เพื่อประเมินโอกาสทางธุรกิจ และแนวทางการปฏิบัติเพื่อกำหนดยุทธศาสตร์ด้านการขนส่งของระบบโลจิสติกส์

1.4.4 โครงการวิจัยนี้ศึกษาเฉพาะส่วนของโลจิสติกส์ขาออก (Outbound Logistics) เท่านั้น

1.5 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย



ภาพที่ 1.1 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผลการศึกษารูปแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลทั้งทางถนนและทางรถไฟ พร้อมทั้งโครงสร้างพื้นฐานของระบบโลจิสติกส์เพื่อการขนส่ง และการบรรจุภัณฑ์ (Packaging) ป้องกันตัวสินค้าจากความเสียหายและอำนวยความสะดวกในการจัดเก็บเคลื่อนย้าย และการขนส่งให้ความเหมาะสมกับอุปกรณ์การขนย้าย และคลังสินค้า เพื่อช่วยในการลดต้นทุนด้านวัตถุดิบ

2. ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล เพื่อทราบค่าใช้จ่ายในการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล

3. สามารถสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันของผลิตภัณฑ์น้ำตาลได้จากรูปแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลของโรงงานน้ำตาลพิษณุโลก มาปรับใช้ในภาคอุตสาหกรรมน้ำตาล เพื่อลดต้นทุนในการขนส่งได้

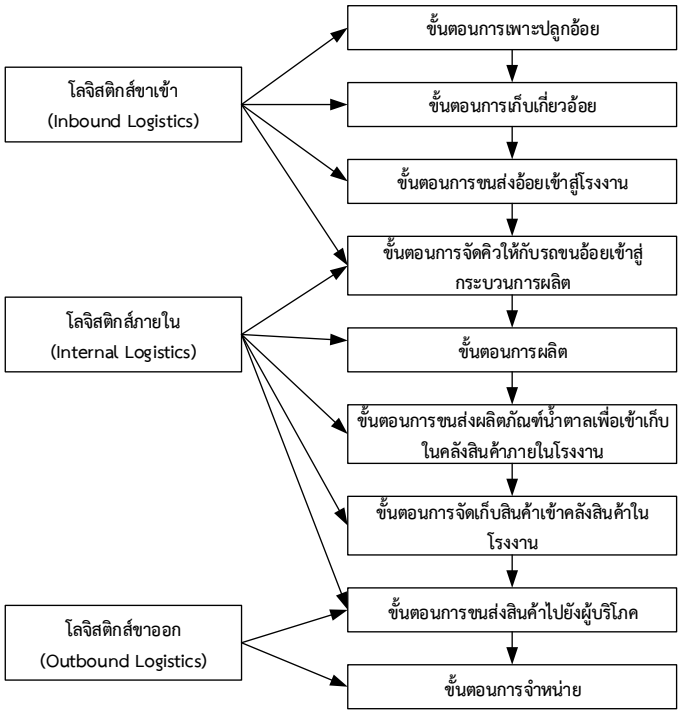
4. ผู้ที่เกี่ยวข้องอยู่ในโซ่คุณค่า เช่น เกษตรกร ผู้ประกอบการ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จะสามารถนำความรู้ที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างพื้นฐานของระบบโลจิสติกส์ ลักษณะทางพลศาสตร์เส้นทางและสภาวะแวดล้อมของการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลมาใช้ปฏิบัติได้ในการขนส่งได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์

2.1 โครงสร้างโซ่อุปทานและโลจิสติกส์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 โลจิสติกส์ขาเข้าและขาออก

ในอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลของประเทศไทย จะประกอบด้วยโลจิสติกส์ขาเข้า (Inbound Logistics) โลจิสติกส์ภายใน (Internal Logistics) และโลจิสติกส์ขาออก (Outbound Logistics) โดยกิจกรรมที่อยู่โลจิสติกส์ขาเข้าก็จะเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนเกษตรกรปลูกอ้อย ขั้นตอนการเก็บเกี่ยว จนไปถึงการขั้นตอนขนส่งอ้อยเข้ามาเพื่อเข้าสู่กระบวนการแปรรูปเป็นน้ำตาล กิจกรรมของโลจิสติกส์ภายในจะประกอบไปด้วย ขั้นตอนการจัดคิวในรถขนอ้อยเข้าสู่โรงงาน ขั้นตอนการผลิต ขั้นตอนการขนส่ง และการจัดเก็บสินค้าเข้าคลังสินค้าในโรงงาน และโลจิสติกส์ขาออกจะประกอบไปด้วย ขั้นตอนการขนส่งสินค้าไปยังผู้บริโภค และขั้นตอนการจำหน่ายสินค้า[3] ดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลในประเทศไทย

ที่มา: กาญจนา เศรษฐนันท์ และคณะ[3]

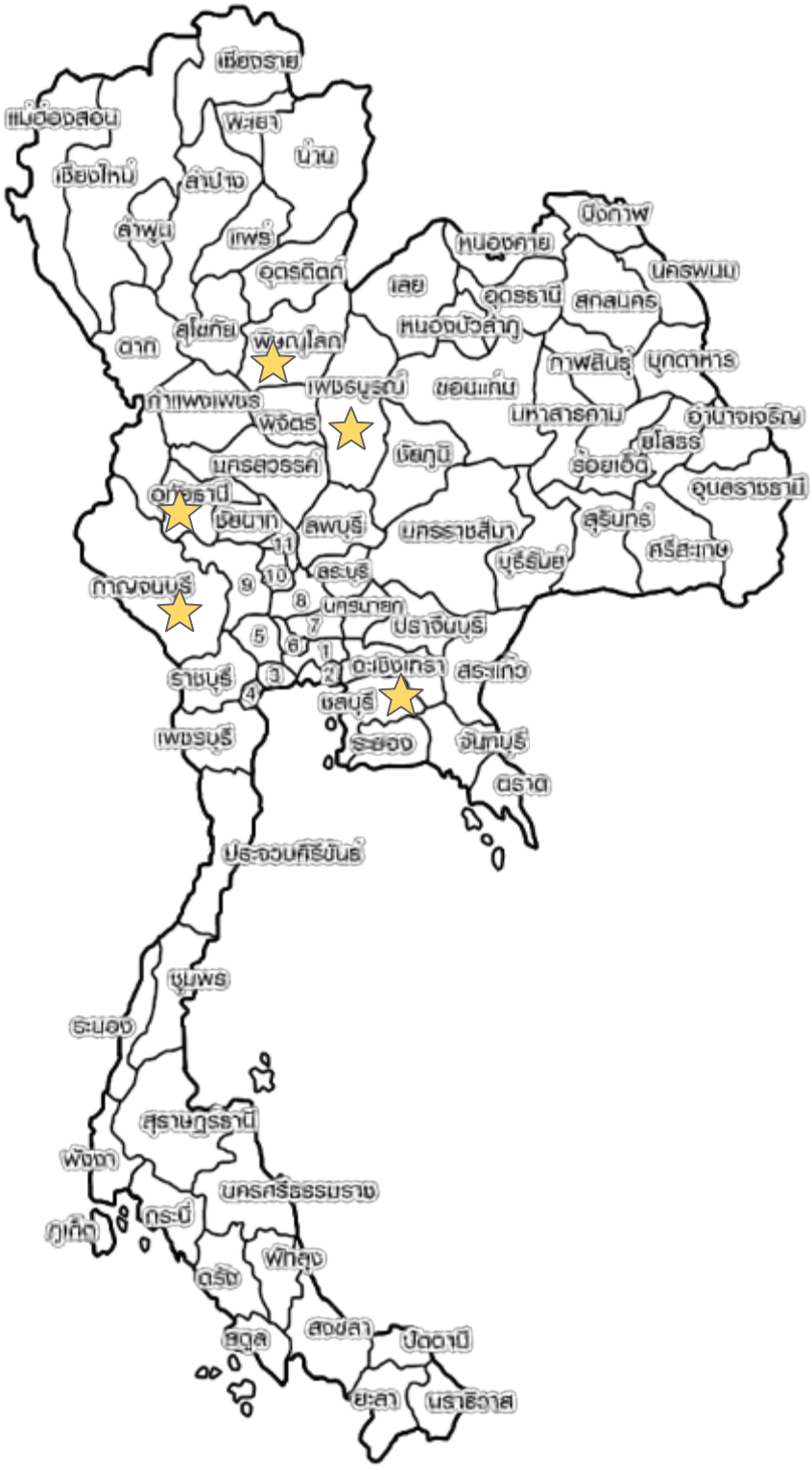
การจัดการโลจิสติกส์เป็นส่วนหนึ่งของการจัดการโซ่อุปทาน ที่มีการวางแผนการดำเนินงาน และควบคุมประสิทธิภาพการไหลเวียนและการจัดเก็บสินค้าบริการและข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องตั้งแต่จุดเริ่มต้นไปจนผู้บริโภคเพื่อตอบความต้องการของผู้บริโภค โดยโลจิสติกส์ขาเข้า คือ กระบวนการที่เคลื่อนย้ายวัตถุดิบจากซัพพลายเออร์หรือผู้ขายเข้าสู่กระบวนการผลิตหรือสถานที่จัดเก็บวัตถุดิบ โลจิสติกส์ขาออก คือ กระบวนการที่เป็นการเคลื่อนย้ายและจัดเก็บผลิตภัณฑ์จากปลายสายการผลิตไปยังผู้ใช้ปลายทาง[4] และโลจิสติกส์ภายในคือ คือ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปวัตถุดิบ เพื่อให้เป็นผลิตภัณฑ์ โดยรวมไปถึงขั้นตอนการจัดเก็บเพื่อรอขนส่งและจัดจำหน่ายต่อไป

โดยในปัจจุบันกลุ่มน้ำตาลไทยรุ่งเรืองมีโรงงาน ทั้งหมด 5 แห่ง ได้แก่ 1) โรงงานไทยรุ่งเรืองอุตสาหกรรม อ.ศรีเทพ จ.เพชรบูรณ์ 2) โรงงานอุตสาหกรรมน้ำตาลบ้านไร่ อ.บ้านไร่ จ.อุทัยธานี 3) โรงงานน้ำตาลพิษณุโลก อ.บางกระทุ่ม จ.พิษณุโลก 4) โรงงานน้ำตาลไทยเพิ่มพูนอุตสาหกรรม อ.ท่าม่วง จ.กาญจนบุรี 5) โรงงานสหการน้ำตาลชลบุรี อ.บ้านบึง จ.ชลบุรี โดยตารางที่ 2.1 จะแสดงกำลังการผลิตของโรงงานในกลุ่มไทยรุ่งเรือง และภาพที่ 2.2 จะแสดงที่ตั้งของโรงงานในกลุ่มไทยรุ่งเรือง

ตารางที่ 2.1 กำลังการผลิตของโรงงานในกลุ่มไทยรุ่งเรือง

ลำดับ	โรงงาน	ที่ตั้ง	กำลังการผลิตที่ได้รับอนุญาต (ตันอ้อย/วัน)
1	ไทยรุ่งเรืองอุตสาหกรรม	อ.ศรีเทพ จ.เพชรบูรณ์	55,000
2	โรงงานอุตสาหกรรมน้ำตาลบ้านไร่	อ.บ้านไร่ จ.อุทัยธานี	42,000
3	โรงงานน้ำตาลพิษณุโลก	อ.บางกระทุ่ม จ.พิษณุโลก	34,000
4	โรงงานน้ำตาลไทยเพิ่มพูนอุตสาหกรรม	อ.ท่าม่วง จ.กาญจนบุรี	9,635
5	โรงงานสหการน้ำตาลชลบุรี	อ.บ้านบึง จ.ชลบุรี	5,800

ที่มา: กลุ่มน้ำตาลไทยรุ่งเรือง[5]



ภาพที่ 2.2 ที่ตั้งของโรงงานในกลุ่มไทยรุ่งเรือง

ในปัจจุบันโรงงานน้ำตาลพิษณุโลกผลิตผลิตภัณฑ์น้ำตาล เพื่อส่งภายในประเทศ และต่างประเทศ โดยภายในประเทศ บริษัทมีลูกค้าทั้งหมด 24 ราย ซึ่งจะกระจายออกไปแต่ละจังหวัดทั้งหมด 12 จังหวัด ได้แก่ พิษณุโลก กำแพงเพชร พิจิตร ลำปาง ลำพูน เชียงใหม่ เชียงราย สมุทรสาคร นครปฐม ปราจีนบุรี พระนครศรีอยุธยา และกรุงเทพมหานคร และในการส่งออกไปยังต่างประเทศ โรงงานน้ำตาลพิษณุโลก จะมีช่องทางการส่งออก 2 รูปแบบ คือ 1. ส่งน้ำตาลออกไป โดยการผ่านด่านศุลกากรทั้งหมด 5 ด่าน ได้แก่ ด่านแม่สอด ด่านเชียงแสน ด่านเชียงของ ด่านมุกดาหาร และด่านทุ่งช้าง 2. ส่งออกน้ำตาลโดยผ่านทางท่าเรือ โดยจะขนส่งน้ำตาลไปเก็บไว้ที่คลังสินค้าก่อนการขนส่งน้ำตาลขึ้นเรือ โดยคลังสินค้าที่โรงงานสามารถใช้ได้มีทั้งหมด 6 คลัง ได้แก่ คลังสินค้าบางไทร คลังสินค้าลัคกี้ คลังสินค้าพัฒนภูมิ คลังสินค้าอ่างทอง คลังสินค้าที่ท่าเรือพระประแดง คลังสินค้าที่ท่าเรือเคอร์รี่ ซึ่งมีท่าเรือที่ใช้ทั้งหมด 3 แห่งได้แก่ ท่าเรือพระประแดง และท่าเรือเคอร์รี่ สยามซีพอร์ต ศรีราชา และท่าเรือเกาะสีชัง

2.1.2 การขนส่ง และรูปแบบการขนส่ง

การขนส่งน้ำตาลในประเทศไทยอ้างอิงจากงานวิจัย[6] ใช้รูปแบบการขนส่งทางถนนและทางน้ำเป็นหลัก นอกจากนี้ประเด็นด้านการลดต้นทุนการขนส่งในปัจจุบันได้เข้ามามีความสำคัญเนื่องจากการลดต้นทุนการขนส่งนั้นสามารถสร้างความได้เปรียบทางธุรกิจได้เป็นอย่างมาก ด้วยเหตุนี้การขนส่งทางรางจึงก้าวเข้ามามีบทบาทต่อการขนส่งในรูปแบบการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (Multimodal Transportation) ดังนั้น ปัจจัยเชิงกายภาพที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลจึงจำเป็นต้องกล่าวถึงรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับ ถนน รางรถไฟ สถานีรถไฟ สถานีขนส่ง ดังต่อไปนี้

2.1.2.1 ถนน

ถนนสายหลักในประเทศไทยมี 4 สาย ได้แก่ 1. ถนนพหลโยธิน (สายเหนือ) 2. ถนนมิตรภาพ (สายตะวันออกเฉียงเหนือ) 3. ถนนสุขุมวิท (สายตะวันออก) และ 4. ถนนเพชรเกษม (สายใต้)

ถนนพหลโยธิน (สายเหนือ) เป็นทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 โดยเริ่มต้นที่อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ กรุงเทพมหานคร ผ่านจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา สระบุรี ลพบุรี ชัยนาท นครสวรรค์ กำแพงเพชร ตาก ลำปาง และสุดปลายทางที่อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย รวมระยะทางประมาณ 1,005 กิโลเมตร

ถนนมิตรภาพ (สายตะวันออกเฉียงเหนือ) เป็นทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 โดยแยกจากถนนพหลโยธิน ที่จังหวัดสระบุรี ผ่านจังหวัดนครราชสีมา อำเภอพล อำเภอบ้านไผ่ จังหวัดขอนแก่น อุดรธานี และสุดปลายทางที่จังหวัดหนองคาย รวมระยะทางได้ประมาณ 615 กิโลเมตร

ถนนสุขุมวิท (สายตะวันออก) เป็นทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3 เริ่มต้นจากกรุงเทพมหานคร ผ่านจังหวัดสมุทรปราการ ฉะเชิงเทรา ชลบุรี ระยอง และสุดปลายทางที่จังหวัดตราด รวมระยะทาง 400 กิโลเมตร

ถนนเพชรเกษม (สายใต้) เริ่มต้นที่เชิงสะพานเนาวจำเนียร เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพมหานคร ผ่านจังหวัดสมุทรสาคร นครปฐม ราชบุรี เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร ระนอง พังงา กระบี่ ตรัง พัทลุง สงขลา ยะลา นราธิวาส และสุดปลายทางที่ อำเภอสะเดา จังหวัดสงขลา รวมระยะทาง 1,274 กิโลเมตร

2.1.2.2 รางรถไฟ

ในปัจจุบันการรถไฟในประเทศไทยได้เปิดให้บริการเส้นทางรถไฟ เป็นระยะทางรวมทั้งสิ้น 4,507.884 กิโลเมตร โดยศูนย์กลางจะตั้งอยู่ที่สถานีกรุงเทพ หรือที่เรียกว่า “หัวลำโพง” ซึ่งระบบทางรถไฟจะแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1. ระบบทางคู่ ช่วงสถานีกรุงเทพ จนถึงสถานีลพบุรี ระยะทางรวม 133.046 กิโลเมตร 2. ระบบทางสาม ช่วงสถานีรังสิต จนถึงชุมทางบ้านภาชี ระยะทาง 60.899 กิโลเมตร และ 3. ระบบทางเดี่ยว ซึ่งระบบทางเดี่ยวจะมีให้บริการทั้งหมด 6 เส้นทาง ได้แก่

1. ทางสายเหนือ ถึงสถานีเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ระยะทาง 752.077 กิโลเมตร และมีทางแยกที่สถานีชุมทางบ้านดาราจังหวัดพิษณุโลก จนถึง สถานีสวรรคโลก จังหวัดสุโขทัย ความยาว 29.007 กิโลเมตร ภาพที่ 2.3 แสดงเส้นทางรถไฟสายเหนือ

ภาพที่ 2.3 แสดงเส้นทางรถไฟสายเหนือ

ที่มา: การรถไฟแห่งประเทศไทย

2. ทางสายใต้ จะเริ่มที่สถานีกรุงเทพ และสถานีธนบุรีไป สิ้นสุดที่ สถานีสุไหงโก ลก ระยะทาง 1,144.140 กิโลเมตร ภาพที่ 2.4 แสดงเส้นทางรถไฟสายใต้

ภาพที่ 2.4 แสดงเส้นทางรถไฟสายใต้

ที่มา: การรถไฟแห่งประเทศไทย

ทางรถไฟสายตะวันตก จะสิ้นสุดที่สถานีชุมทางหนองปลาดุก สถานีน้ำตก จังหวัดกาญจนบุรี ระยะทาง 130.989 กิโลเมตร

ทางรถไฟสายตะวันออก จะสิ้นสุดที่สถานีอรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว ระยะทาง 260.449 กิโลเมตร, คลองสิบเก้า ชุมทางแก่งคอย ระยะทาง 81.358 กิโลเมตร, ชุมทางเขาชีจรรย์ มาบตะพุด ระยะทาง 24.070 กิโลเมตร

ทางสายตะวันออกเฉียงเหนือ จะสิ้นสุดที่สถานีอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี ระยะทาง 575.600 กิโลเมตร และจากสถานีชุมทางถนนจิระ ไปจนถึงสถานีหนองคาย จังหวัดหนองคาย ระยะทาง 359.947 กิโลเมตร ภาพที่ 2.5 แสดงเส้นทางรถไฟสายตะวันออกเฉียงเหนือ

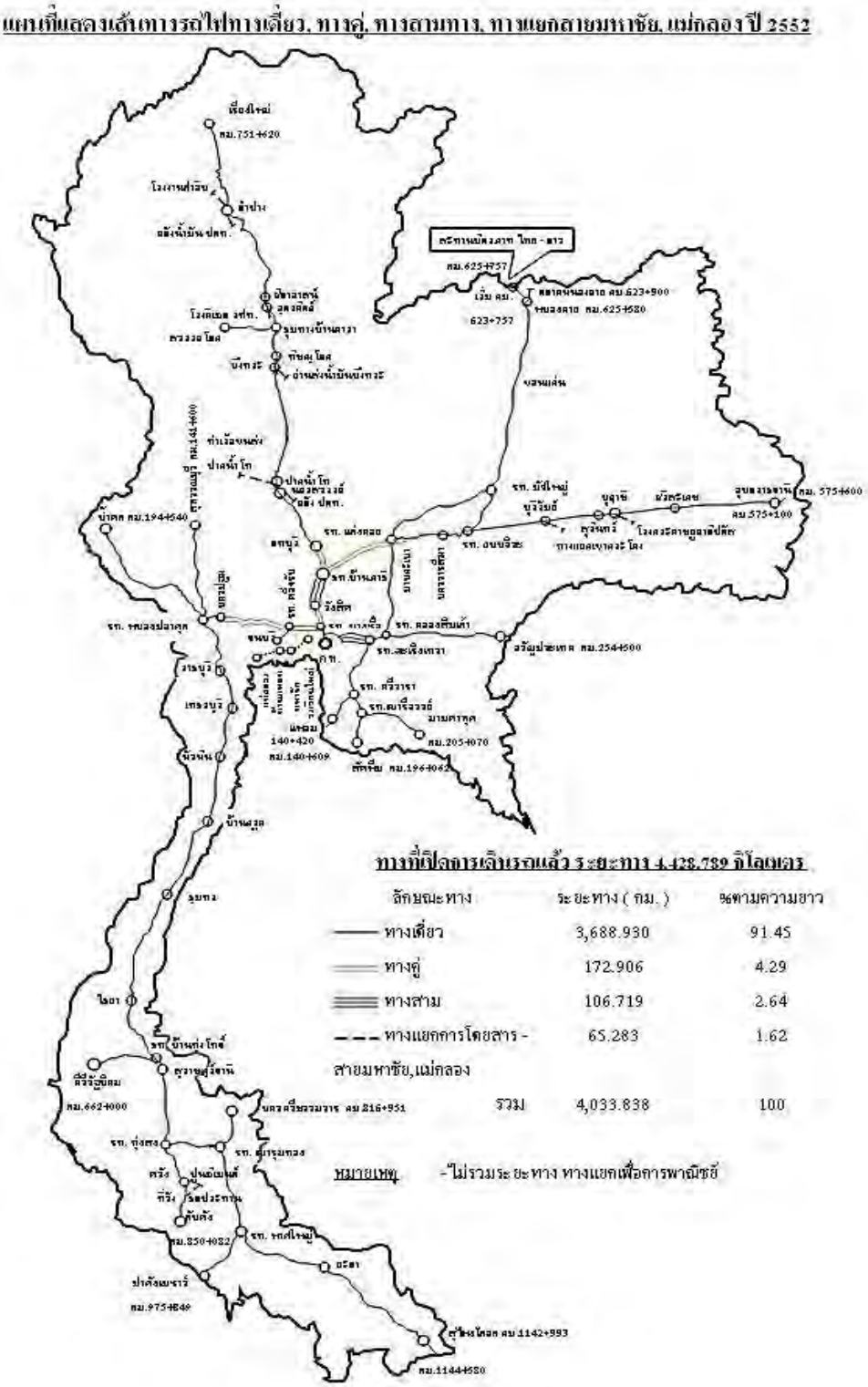
ภาพที่ 2.5 แสดงเส้นทางรถไฟสายตะวันออกเฉียงเหนือ

ที่มา: การรถไฟแห่งประเทศไทย

ทางสายแม่กลองช่วงวงเวียนใหญ่ – มหาชัย ความยาว 31.242 กิโลเมตร และช่วงบ้านแหลม จนถึงแม่กลอง ความยาว 34.041 กิโลเมตร

จากภาพที่ 2.6 แสดงแผนที่เส้นทางรถไฟทางเดี่ยว ทางคู่ ทางสามทาง ทางแยกสายมหาชัย แม่กลอง ในปัจจุบันกระทรวงคมนาคมพยายามผลักดันโครงการสร้างรถไฟทางคู่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและศักยภาพของการขนส่งทางรถไฟในพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การขนส่งสินค้าบรรจุตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งผ่านท่าเรือแหลมฉบัง และสถานีบรรจุและแยกสินค้ากล่องลาดกระบัง (Inland Container Depot : ICD)

นอกจากนี้ โครงข่ายทางรถไฟในปัจจุบันมีการเชื่อมต่อไปยังประเทศเพื่อนบ้าน ได้แก่ เส้นทางสายตะวันออกเฉียงเหนือ (ส่วนต่อขยายจากสถานีหนองคาย – สาธารณะรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวที่สถานีท่านาแล้ง) และสายใต้ (ช่วงแยกจากชุมทางหาดใหญ่ – ปาดังเบซาร์ – มาเลเซีย – สิงคโปร์)



ภาพที่ 2.6 แสดงเส้นทางรถไฟในประเทศไทย

ที่มา: การรถไฟแห่งประเทศไทย

2.1.2.3 สถานีรถไฟ

สถานีรถไฟ คือ สถานที่ที่ใช้เป็นจุดจอดรถไฟ แวะพัก เปลี่ยนขบวน สำหรับการเดินรถไฟ จะมีการรับส่งผู้โดยสาร หรือรับส่งสินค้า โดยประเภทของสถานี จะแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ 1. สถานีทั่วไป และสถานีชุมทาง 2. ป้ายหยุดรถไฟ 3. ที่หยุดรถไฟ และ 4. สถานีรถไฟเฉพาะกิจ

สถานีรถไฟทั่วไป คือ สถานีที่เปิดรับส่งผู้โดยสาร หรือรับส่งสินค้า จะมีนายสถานีประจำอยู่

สถานีชุมทาง คือ สถานีที่มีสถานีสายหลัก และสายแยก แยกออกจากกัน โดยสถานีชุมทางจะมีคุณสมบัติเหมือนกับสถานีทั่วไป ปัจจุบันรถไฟแห่งประเทศไทย มีสถานีชุมทางทั้งหมด 16 สถานี เช่น สถานีรถไฟชุมทางบางซื่อ สถานีรถไฟชุมทางบ้านภาชี สถานีรถไฟชุมทางบ้านดารา สถานีรถไฟชุมทางแก่งคอย

ป้ายหยุดรถไฟ คือ สถานีที่รถไฟจอด เพื่อรับส่งผู้โดยสาย โดยจะไม่มีการขนส่งสินค้าขึ้นลง และป้ายหยุดรถไฟจะไม่มีนายสถานีประจำอยู่ เช่น ป้ายหยุดรถไฟอุรุพงษ์ ป้ายหยุดรถไฟพญาไท

ที่หยุดรถไฟ คือ สถานีที่รถไปจอด เพื่อรับส่งผู้โดยสาร และรับส่งสินค้า แต่จะไม่มีนายสถานีประจำอยู่ เช่น ที่หยุดรถไฟบ้านไร่ ที่หยุดรถไฟห้วยโรง

สถานีรถไฟเฉพาะกิจ คือ สถานีที่สร้างขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์พิเศษยกตัวอย่างเช่น สถานีบรรจุและแยกสินค้ากล่องลาดกระบัง หรือไอซีดี (Inland Container Depot : ICD) ลาดกระบัง ดังภาพที่ 2.7 เป็นสถานีรถไฟสถานีรถไฟเฉพาะกิจชั้นพิเศษ ของการรถไฟแห่งประเทศไทยที่สร้างขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวก ให้บริการแก่ผู้ส่งออก ผู้นำเข้า และบุคคลทั่วไป ในกิจกรรมทุกอย่างเกี่ยวกับสินค้าประเภทตู้คอนเทนเนอร์ ทั้งขาเข้า และขาออก เสมือนท่าเรือบก ตั้งอยู่ในเขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ มีเนื้อที่จำนวน 645 ไร่

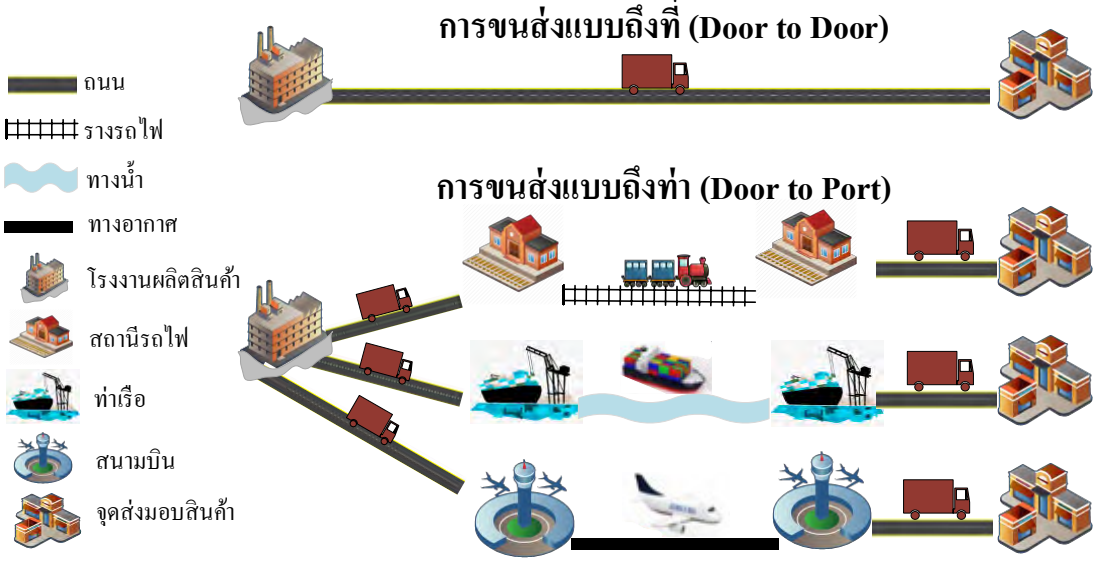
ภาพที่ 2.7 สถานีบรรจุและแยกสินค้ากล่องลาดกระบัง

ที่มา : บริษัท ทิฟฟ่า ไอซีดี จำกัด

ในปัจจุบันประเทศไทยมีสถานีรถไฟที่ใช้เฉพาะการขนส่งสินค้าทั้งหมด 26 สถานี ได้แก่ สถานีรถไฟเชียงใหม่ สถานีรถไฟลำพูน สถานีรถไฟแม่เมาะ สถานีรถไฟบึงพระ สถานีรถไฟนครลำปาง สถานีรถไฟนครสวรรค์ สถานีรถไฟอุบลราชธานี สถานีรถไฟหนองคาย สถานีรถไฟอุดรธานี สถานีรถไฟขอนแก่น สถานีรถไฟสำราญ สถานีรถไฟนครราชสีมา สถานีรถไฟชุมทางถนนจิระ สถานีรถไฟบ้านเกาะ สถานีรถไฟท่าพระ สถานีรถไฟบ้านช่องใต้ สถานีรถไฟหินลับ สถานีรถไฟท่าเรือแหลมฉบัง สถานีรถไฟแปลง สถานีรถไฟชุมพร สถานีรถไฟสุราษฎร์ธานี สถานีรถไฟชุมทางทุ่งสง สถานีรถไฟควนเนียง สถานีรถไฟชุมทางหาดใหญ่ สถานีรถไฟแหลมฉบัง และสถานีรถไฟศิลาอาสน์

สำหรับรูปแบบการขนส่งสามารถแบ่งได้ 2 รูปแบบหลัก ประกอบด้วย การขนส่งสินค้าแบบถึงมือผู้รับ (Door to Door) และการขนส่งสินค้าแบบถึงท่า (Door to Port) การขนส่งสินค้าแบบถึงมือผู้รับโดยส่วนใหญ่จะใช้พาหนะขนส่งทางบกเป็นหลัก เช่น รถบรรทุกสินค้า เนื่องจากโครงข่ายถนนสามารถเข้าถึงตำแหน่งที่ตั้งต้นทางและปลายทางของการขนส่งสินค้าได้โดยตรง

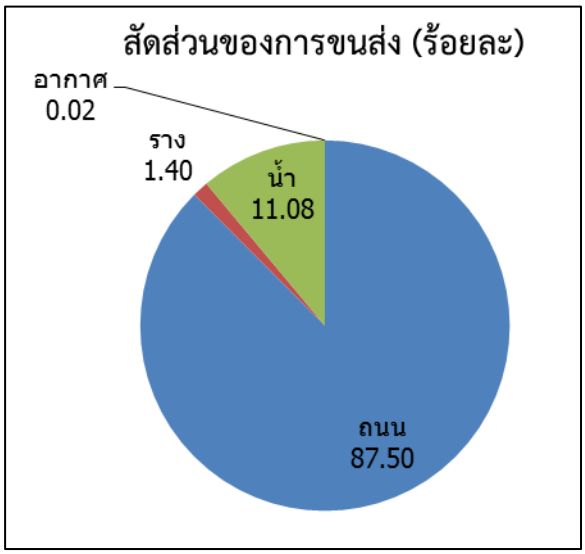
ในขณะที่การขนส่งแบบถึงท่าจะอยู่ในรูปแบบของการขนส่งทางราง ทางน้ำ และทางอากาศ เป็นหลัก เนื่องจากพาหนะในรูปแบบการขนส่งดังกล่าวต้องอาศัยท่าเทียบในการขนถ่าย (Transfer) สินค้าระหว่างพาหนะขนส่ง ภาพที่ 2.8 แสดงตัวอย่างของรูปแบบการขนส่งทั้ง 2 รูปแบบข้างต้น



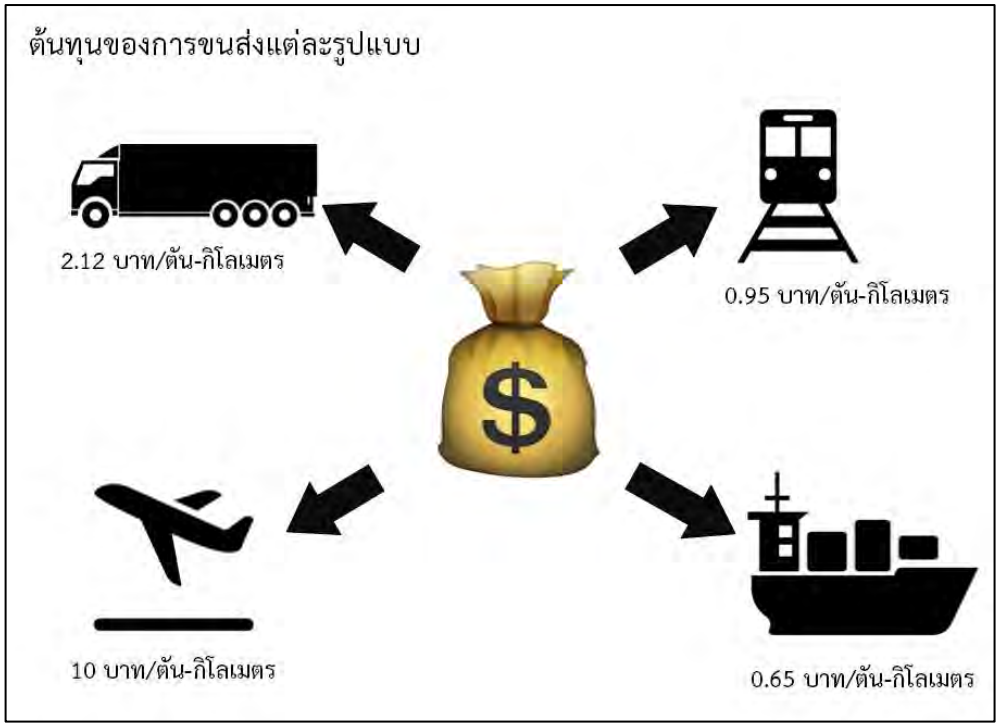
ภาพที่ 2.8 ตัวอย่างรูปแบบการขนส่งแบบถึงมือผู้รับ (Door to Door) และแบบถึงท่า (Door to Port)

2.1.2.4 ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งสินค้าแบบถึงมือผู้รับ (Door to Door)

งานวิจัยของ สิทธา เจนศิริศักดิ์ และคณะ[7] ได้ศึกษาการใช้ประโยชน์จากโครงสร้างพื้นฐาน และการปรับรูปแบบการขนส่งเพื่อลดต้นทุนขนส่งสินค้าของสินค้าเกษตรส่งออกของไทย พบว่าจากฐานการผลิตสินค้าของประเทศไทย จากจุดต้นทางไปยังจุดหมายปลายทางของสินค้า โดยส่วนใหญ่จะใช้การขนส่งทางถนนโดยคิดเป็นร้อยละ 87.50 ซึ่งต้นทุนของการขนส่งทางถนนสูงถึง 2.12 บาท/ตัน-กิโลเมตร ในขณะที่การขนส่งทางรางรถไฟ มีต้นทุนเพียง 0.95 บาท/ตัน-กิโลเมตร โดยสัดส่วนการขนส่ง และต้นทุนของการขนส่งแต่ละรูปแบบ จะแสดงดังภาพที่ 2.9 และ 2.10



ภาพที่ 2.9 สัดส่วนของการขนส่งแต่ละรูปแบบ



ภาพที่ 2.10 ต้นทุนของการขนส่งแต่ละรูปแบบ

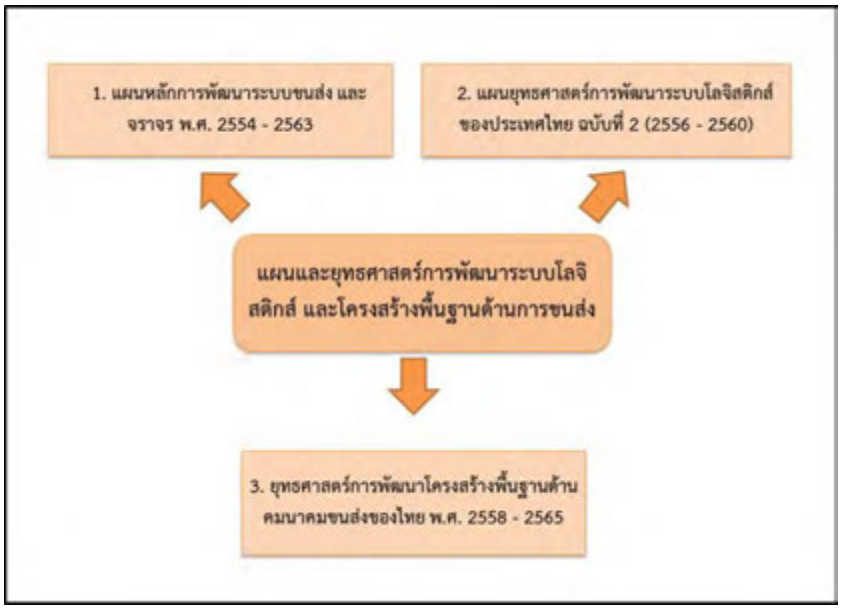
โลจิสติกส์สินค้าเกษตรส่งออกจะมีลักษณะที่เฉพาะแตกต่างจากสินค้าอุตสาหกรรม เนื่องจากการมีฐานการผลิต ลักษณะของสินค้า และการบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน จึงทำให้การจัดการโลจิสติกส์ และการขนส่งของสินค้าเกษตรเพื่อการส่งออกต้องมีการวางแผนโดยเฉพาะ

สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย ได้ระบุว่า ในอนาคตภาคเกษตรของไทยยังคงต้องเผชิญกับปัญหา และความท้าทายนานัปการ โดยเกิดจากแรงกัดดันจากภาวะราคาสินค้าเกษตรตกต่ำขณะที่ต้นทุนผลิตสูงขึ้น (Cost Price Squeeze หรือ Nut Cracker) โดยในส่วนของต้นทุนโลจิสติกส์ พบว่า ต้นทุนที่สำคัญที่สุด คือ ต้นทุนขนส่ง (ร้อยละ 49 ของต้นทุนโลจิสติกส์) รองลงมา คือ ต้นทุนสินค้าคงคลัง (ร้อยละ 42) สำหรับปัจจัยสำคัญที่ทำให้ไทยมีต้นทุนการขนส่งในสัดส่วนที่สูง คือ การขนส่งสินค้าเกษตรต้องพึ่งพาการขนส่งทางบกเป็นหลัก ซึ่งต้นทุนของการขนส่งทางบกมีต้นทุนสูงกว่าระบบอื่น เนื่องจากภาครัฐให้ความสำคัญต่อการลงทุนกับการขนส่งทางถนนมาก ทำให้มีการใช้ทรัพยากรอย่างไม่มีประสิทธิภาพ ในขณะที่โครงสร้างพื้นฐานของการขนส่งทางรถไฟและทางน้ำมีจำกัด ทำให้เกษตรกรและผู้ประกอบการมีทางเลือกในการขนส่งไม่มากนัก สำหรับข้อเสนอแนะที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างพื้นฐานทางการขนส่ง จะแสดงดังภาพที่ 2.11

ภาพที่ 2.11 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานของการขนส่ง

จากภาพที่ 2.11 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานของการขนส่ง มีทั้งหมด 4 ข้อ ดังนี้ 1) การปรับเปลี่ยนรูปแบบการขนส่ง หาทางให้เกษตรกร และภาคธุรกิจ มีทางเลือกในการเข้าถึงโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งรูปแบบต่างๆ มากขึ้น เช่น การสนับสนุนโครงการลงทุนของเอกชนเพื่อให้มีการลงทุนด้านการขนส่งทางแม่น้ำ และการขนส่งชายฝั่งทะเล เป็นต้น 2) ภาครัฐควรเร่งปฏิรูปโครงสร้างและระบบการบริหารจัดการของการรถไฟแห่งประเทศไทย นอกจากนี้ ในระยะสั้นเพื่อส่งเสริมให้มีการขนส่งทางรถไฟมากยิ่งขึ้น ภาครัฐอาจมีมาตรการด้านราคาที่ทำให้การขนส่งทางรถไฟสามารถแข่งขันได้กับการขนส่งทางถนน และการปรับปรุงคุณภาพการให้บริการของการรถไฟแห่งประเทศไทย 3) ปรับปรุงระบบการจัดการการขนถ่ายสินค้าเกษตรจากฟาร์มถึงโรงงาน และตลาดปลายทาง และ 4) การอำนวยความสะดวกด้านการส่งออก โดยส่งเสริมให้เอกชนลงทุนสร้าง และบริหาร Logistic Center และ Distribution Center (DC)

โดยงานวิจัยนี้มีการทบทวนแผนยุทธศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบโลจิสติกส์ และโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่ง เพื่อทำให้ทราบทิศทางการพัฒนาประเทศ โดยแผนยุทธศาสตร์ที่ชัดเจนและเกี่ยวข้องโดยตรงกับการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งในระยะอันใกล้นี้ ดังแสดงในภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 แผนและยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบโลจิสติกส์ และโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่ง

1) แผนหลักการพัฒนาระบบขนส่งและจราจร พ.ศ. 2554 – 2563 ของกระทรวงคมนาคม ในแผนหลักฯ นี้ ได้กำหนดวิสัยทัศน์สำหรับการพัฒนาระบบขนส่งและจราจรของประเทศไทยในช่วง 10 ปีข้างหน้า (พ.ศ. 2554 – 2563) ว่า “มุ่งสู่การขนส่งที่ยั่งยืน (Towards Sustainable Transport)” โดยมีเป้าประสงค์ของแผนหลักการพัฒนาระบบขนส่งและจราจร เพื่อส่งเสริมการขนส่งที่ประหยัดพลังงาน (Energy Saving) และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Friendly) โดยยุทธศาสตร์การดำเนินงาน เพื่อให้บรรลุเป้าประสงค์ ได้แก่ การส่งเสริมและสนับสนุนการเปลี่ยนมาใช้รูปแบบการขนส่งทางรางและทางน้ำเพิ่มมากขึ้น (Shift Mode) และการส่งเสริมและพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้มีการใช้พลังงานและยานพาหนะที่สะอาดและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และเพื่อเพิ่มความคล่องตัว (Mobility) ในการเดินทางและการขนส่ง โดยยุทธศาสตร์การดำเนินงานเพื่อให้บรรลุเป้าประสงค์นี้ ได้แก่ การปรับปรุงและพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเพื่อลดปัญหาคอขวด และลดปัญหาการจราจรติดขัด และการเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการจราจร (Traffic Management)

2) แผนยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบโลจิสติกส์ของประเทศไทย ฉบับที่ 2 (2556 - 2560) ในการจัดทำแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบโลจิสติกส์ของประเทศไทย ฉบับที่ 2 (2556 – 2560) “การอำนวยความสะดวกทางการค้าและการจัดการโซ่อุปทานเพื่อความสามารถในการแข่งขัน” นี้ พบว่า

ระบบราง: ยังมีการเปลี่ยนมาใช้น้อยและมีแนวโน้มลดลง ประเด็นปัญหาที่สำคัญ ได้แก่

- ความล่าช้าของการปรับปรุงระบบบริหารจัดการภายในการรถไฟแห่งประเทศไทย ทำให้ไม่สามารถพัฒนาระบบขนส่งทางรางได้ตามแผนงาน จึงส่งผลให้เกิดความไม่ต่อเนื่องในการปรับปรุงคุณภาพของโครงข่าย และความไม่เพียงพอของหัวรถจักรแคร่บรรทุก และเครื่องมืออุปกรณ์ การขนส่ง
- ปัญหาโครงข่ายรถไฟเชื่อมโยงประตูการค้าที่ยังใช้งานไม่เต็มประสิทธิภาพ ความไม่พอเพียงของหัวรถจักร และตำแหน่งของศูนย์กระจายสินค้ายังไม่ตอบสนองกับความต้องการเท่าที่ควร

ทางน้ำชายฝั่ง

ทางน้ำชายฝั่ง: การขนส่งสินค้าทางน้ำชายฝั่งยังขาดสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับการขนส่งสินค้าทางน้ำชายฝั่ง และต้นทุนค่าบริการไม่จูงใจเพียงพอ ประเด็นปัญหาสำคัญ 2 ประการที่ทำให้การเปลี่ยนรูปแบบมาใช้การขนส่งทางเรือชายฝั่งขยายตัวค่อนข้างช้า ได้แก่

- การขาดแคลนท่าเรือชายฝั่ง และสิ่งอำนวยความสะดวกในการขนส่ง ณ ท่าเรือแหลมฉบัง
- อุปสรรคด้านโครงสร้างต้นทุน เนื่องจากการส่งสินค้าทางน้ำชายฝั่งต้องเสียค่าใช้จ่ายในอัตราเดียวกันกับ การขนส่งสินค้าทางเรือระหว่างประเทศ และบวกกับค่าภาระขนย้ายตู้สินค้าบริเวณท่า ซึ่งมีอัตราสูงกว่าการขนส่งรูปแบบอื่น ดังนั้นจึงไม่สามารถแข่งขับกับทางเลือกการขนส่งแบบอื่นได้

ทางลำน้ำในประเทศ: มีความต้องการเพิ่มมากขึ้นแต่มีข้อจำกัดหลายประการ ประเด็นปัญหาสำคัญได้แก่

- ความคับคั่งของท่าเรือพื้นที่ที่มีปริมาณสินค้าเข้า-ออก สูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ 1) อ.นครหลวง 2) อ.ป่าโมก 3) อ.ท่าเรือ 4) อ.บางไทร 5) จ.ปทุมธานี
- อุปสรรคการเดินเรือจากร่องน้ำตื้นเขิน
- ความสูงของสะพานน้อยกว่าความสูงของเรือเบา (7 เมตร) จึงทำให้ต้องถ่วงน้ำเพื่อให้สามารถลอดผ่านสะพานได้ จึงทำให้ใช้เวลาในการขนส่งเพิ่มมากขึ้น

ระบบการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ: การผลักดันการพัฒนาระบบขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบยังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร เนื่องจาก

- ทิศทางการพัฒนาของระบบการขนส่งในแต่ละรูปแบบยังเป็นไปอย่างแยกส่วนกัน และยังไม่มีการมองปัญหา หรือวางแผนเชื่อมของแต่ระบบเข้าด้วยกัน
- สิ่งอำนวยความสะดวก ณ จุดเชื่อมต่อระหว่างระบบยังขาดประสิทธิภาพ

การยกระดับประสิทธิภาพระบบอำนวยความสะดวกทางการค้า (Trade Facilitation Enhancement) ประกอบไปด้วยกลยุทธ์ ดังนี้

กลยุทธ์ที่ 1 เพิ่มความสามารถและความปลอดภัยของการขนส่งสินค้าทางบกมุ่งสู่ประตูการค้าหลัก โดยการพัฒนารถทางคู่บนเส้นทางขนส่งที่มีความหนาแน่น พัฒนาระบบให้บริการขนส่งทางราง ปรับปรุงประสิทธิภาพบริการขนส่งทางรถไฟ การจัดหาหัวรถจักร และแคร่ให้เพียงพอกับความต้องการ พัฒนาคนขับรถบรรทุกให้ได้มาตรฐาน มีประสิทธิภาพและปลอดภัย

กลยุทธ์ที่ 2 ส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งไปสู่ทางลำน้ำ (Inland Waterway) และพัฒนาระบบท่าเรือหลักและบริการของท่าเรือชายฝั่ง

กลยุทธ์ที่ 3 ขยายความสามารถและพัฒนาบทบาทของสนามบินสุวรรณภูมิให้เป็นประตูการค้าที่สร้างมูลค่าเพิ่ม (Value Creation Facility) ให้กับธุรกิจการค้าระหว่างประเทศ

กลยุทธ์ที่ 4 ส่งเสริมให้ภาคเอกชนเข้ามามีส่วนร่วมในการพัฒนาเครือข่าย และเขตอุตสาหกรรมบริการเชื่อมโยงการขนส่งสินค้าหลายรูปแบบและอุตสาหกรรมให้บริการโลจิสติกส์ (Freight Village and Logistics Park)

3) ยุทธศาสตร์การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านคมนาคมขนส่งของไทย พ.ศ. 2558 – 2565 กระทรวงคมนาคมมีความเห็นว่าประเทศไทยจำเป็นจะต้องมียุทธศาสตร์ในการพัฒนาเพื่อเป็นแนวทางสำหรับการลงทุนอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ปัจจุบันถึง พ.ศ. 2565 ทั้งนี้ ประเด็นท้าทายที่จะใช้ในการกำหนดยุทธศาสตร์ครอบคลุมถึง

1. การปรับเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งที่พึ่งพาทางถนนเป็นหลักไปใช้การขนส่งหลัก (Main Line) ที่เป็นรูปแบบที่มีต้นทุนต่อหน่วยต่ำกว่า เช่น การขนส่งทางรถไฟ และการขนส่งทางน้ำ

2. การเชื่อมต่อการเดินทางและการขนส่งกับประเทศเพื่อนบ้าน โดยการเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการของประตูการขนส่งที่มีศักยภาพ และปรับปรุงโครงข่ายเพื่อรองรับการเข้าสู่ประชาคมอาเซียน

3. การยกระดับความคล่องตัวในการเดินทางและการขนส่งไปสู่ศูนย์กลางของภูมิภาคทั่วประเทศ

4. ปรับปรุงกฎหมายและระเบียบที่เกี่ยวข้องกับสาขาขนส่งทางบก ทางน้ำ และทางอากาศ

แนวคิดการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านคมนาคมขนส่งของประเทศ พ.ศ. 2558 – 2565 อยู่บนยุทธศาสตร์ 3 ส่วนคือ 1) การส่งเสริมให้มีการปรับรูปแบบการขนส่งจากการขนส่งทางถนนเป็นการขนส่งทางราง และทางน้ำที่มีต้นทุน การขนส่งต่ำกว่า (Modal Shift และ Multimodal Transport) 2) การเชื่อมโยงให้เป็นโครงข่าย พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและสิ่งอำนวย

ความสะดวก 3) การพัฒนาและปรับปรุงระบบขนส่งเพื่อความคล่องตัวในการขนส่งสินค้า และประหยัดเวลาในการเดินทางของผู้โดยสาร (Mobility)

กระทรวงคมนาคมได้กำหนดเป้าหมายการพัฒนาขึ้น เช่น ความเร็วเฉลี่ยของรถไฟขนส่งสินค้าเพิ่มขึ้นจาก 39 กิโลเมตร/ชั่วโมง เป็น 60 กิโลเมตร/ชั่วโมง และขบวนรถโดยสารเพิ่มขึ้น 60 กิโลเมตร/ชั่วโมง เป็น 100 กิโลเมตร/ชั่วโมง สัดส่วนการขนส่งสินค้าทางรางเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 2.5 เป็นร้อยละ 5 สัดส่วนของการขนส่งสินค้าทางน้ำเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 15 เป็น ร้อยละ 19 และปริมาณการขนส่งสินค้าผ่านเข้า – ออก ณ ด่านการค้าชายแดนที่สำคัญ เพิ่มขึ้นร้อยละ 5

2.1.2.5 ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งสินค้าแบบถึงท่า (Door to Port)

งานวิจัยของ Chiadamrong and Kawtummachai [6] ได้ทำการศึกษาระเบียบวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการส่งออกผลิตภัณฑ์น้ำตาลโดยใช้กรณีศึกษาเป็นกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมน้ำตาลไทย (กลุ่มวังขนาย) ซึ่งตัวแบบของช่องทางการส่งออกผลิตภัณฑ์น้ำตาลของกลุ่มวังขนายนี้เป็นไปดังภาพที่ 2.13

ภาพที่ 2.13 ตัวแบบการส่งออกผลิตภัณฑ์น้ำตาลของกลุ่มวังขนาย

ที่มา: Chiadamrong and Kawtummachai [6]

จากภาพที่ 2.13 โรงงานอุตสาหกรรมน้ำตาลของกลุ่มวังขนายมีจำนวน 4 โรง ได้แก่ โรงงานที่ 1 โรงงานน้ำตาลวังขนาย จังหวัดกาญจนบุรี โรงงานที่ 2 โรงงานน้ำตาลราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา โรงงานที่ 3 โรงงานน้ำตาลอุตสาหกรรมอู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี และโรงงานที่ 4 โรงงานน้ำตาลที. เอ็น. จังหวัดลพบุรี

วิธีการส่งออกผลิตภัณฑ์น้ำตาลของกลุ่มวังขนายจะใช้การขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลจากโรงงานทั้ง 4 แห่งไปยังท่าเรือสินค้าโดยตรงเพื่อรอการขนถ่ายสินค้าขึ้นเรือสินค้า อีกกรณีหนึ่งคือนำไปจัดเก็บไว้ที่คลังสินค้าเอกชนจังหวัดอ่างทองก่อน แล้วจึงส่งต่อด้วยเรือโป๊ะไปยังท่าเรือสินค้าในภายหลัง ทั้งนี้ ท่าเรือสินค้าสำหรับส่งออกผลิตภัณฑ์น้ำตาลของกลุ่มวังขนาย ได้แก่ ท่าเรือเจ้าจอม จังหวัดสมุทรปราการ ท่าเรือแหลมฉบัง และท่าเรือสีชัง จังหวัดชลบุรี

จากตัวแบบการส่งออกผลิตภัณฑ์น้ำตาลของกลุ่มวังขนายจะเห็นว่าผลิตภัณฑ์น้ำตาลไม่ได้ขนส่งถึงมือผู้รับโดยตรง แต่เป็นการขนส่งแบบถึงท่า หรือ Door to Port โดยใช้เรือสินค้าเป็นยานพาหนะขนส่งหลักเพื่อขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลจากประเทศไทยไปยังลูกค้าต่างประเทศ ทั้งนี้ข้อมูลจากเอกสารประกอบการสัมมนาเผยแพร่ผลการดำเนินงานโครงการพัฒนาศักยภาพการแข่งขันของการจัดการโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายของไทยเพื่อรองรับการเปิดเขตการค้าเสรีอาเซียน (AEC) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 พบว่า ประเทศไทยขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลโดยใช้เรือสินค้าไปยังประเทศอินโดนีเซียมากที่สุดถึงร้อยละ 25 อันดับรองลงมาคือประเทศญี่ปุ่นจำนวนร้อยละ 15 ของปริมาณการส่งออกทั้งหมดระหว่างปี ค.ศ. 2005-2009

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปรับเปลี่ยนเส้นทางการส่งออกในกรณีใช้การขนส่งแบบถึงท่า (Door to Port) ซึ่งเป็นงานวิจัยของ ศักรธร บุญทวียุวัฒน์[8]ที่ได้ทำการศึกษาเส้นทางการส่งออกของมะม่วง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนและเวลาในการขนส่ง

การศึกษาเริ่มต้นจากผู้วิจัยสัมภาษณ์ผู้ประกอบการขนส่ง โดยพบว่าการส่งออกผลไม้ส่วนใหญ่จะใช้การขนส่งทางถนนและใช้ท่าเรือแหลมฉบังในการส่งออกเพียงแห่งเดียวทำให้บางช่วงเวลาท่าเรือเกิดความหนาแน่น ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการขนส่งซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้ผลไม้ได้รับความเสียหาย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการวางแผนด้านการขนส่งโดยเสนอให้ปรับเปลี่ยนเส้นทางการส่งออกผลไม้กรณีศึกษาการส่งออกมะม่วงซึ่งเป็นผลไม้ที่มีมูลค่าการส่งออกอันดับ 5 ของประเทศไทย

ผลการศึกษาการปรับเปลี่ยนเส้นทาง พบว่า ชุดเส้นทางใหม่ 9 เส้นทางที่ศึกษาสามารถประหยัดต้นทุนและเวลาการขนส่งได้ร้อยละ 20.81 และ 30.37 ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับตัวแบบการขนส่งเดิมที่พิจารณาใช้ท่าเรือแหลมฉบังอย่างเดียว ผลการทดลองการศึกษาในการปรับเปลี่ยนเส้นทางการขนส่งดังกล่าวดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ผลการทดลองการศึกษาในการปรับเปลี่ยนเส้นทางการขนส่ง

ชุดเส้นทาง	**ต้นทุน (บาท)**	**เวลา (วัน)**	**จำนวนเส้นทาง**	**ปริมาณตู้บรรจุมะม่วง (FEU) ที่ส่งมอบให้ ณ จุดหมายปลายทาง**
ชุดเส้นทางเดิม	39,689.73	51.23	25	130
ชุดเส้นทางใหม่	31,432.05	35.67	9	130
สัดส่วนที่ประหยัด (%)	20.81	30.37	-	

ที่มา:ศักรธร บุญทวียุวัฒน์[8]

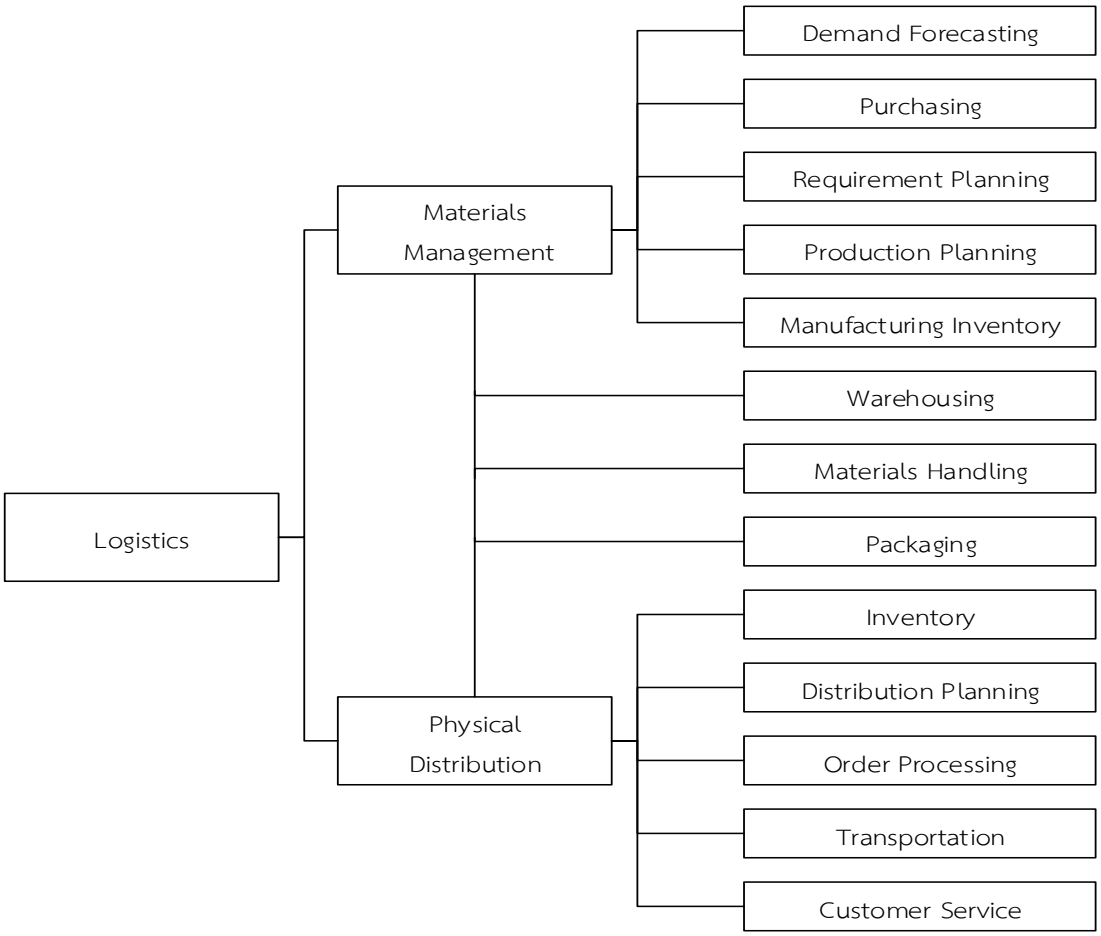
การพิจารณาร่วมกันระหว่างรูปแบบการขนส่งต่างๆ นั้นเป็นการพิจาณาทั้งการขนส่งแบบถึงมือผู้รับและการขนส่งแบบถึงท่าร่วมกันเพื่อให้เกิดรูปแบบการขนส่งที่เหมาะสมที่สุด ยืดหยุ่นที่สุด ต้นทุนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งต่ำที่สุด ซึ่งการขนส่งในรูปแบบดังกล่าวเรียกอีกอย่างหนึ่งคือ การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ ข้อมูลจากบทความของ Reis, Fabian Meier [9] ได้กล่าวถึงลักษณะสินค้าที่เหมาะสมกับการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบโดยเฉพาะการขนส่งทางรางไว้ 4 ประเด็นหลัก ประกอบด้วย

1. ต้องเป็นสินค้าที่มีน้ำหนัก และปริมาณการขนส่งมากในแต่ระรอบการขนส่ง
2. ต้องเป็นสินค้าที่สามารถเก็บไว้ได้เป็นเวลานานโดยที่คุณภาพไม่เปลี่ยนแปลง
3. มูลค่าของสินค้าต่อหน่วยไม่สูงมาก เช่น ถ่านหิน ทราย น้ำมันดิบ เป็นต้น
4. ต้องมีเส้นทางการขนส่งที่แน่นนอนตายตัว เนื่องจากการขนส่งทางรางมีข้อจำกัดด้านเส้นทางขนส่ง เช่น เครือข่ายรางรถไฟ ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีรถไฟ ตำแหน่งที่ตั้งโรงงานผู้ผลิตสินค้า เป็นต้น

จากข้อมูลด้านรูปแบบการขนส่งข้างต้น ผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายจึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่ควรนำมาพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการใช้ระบบการขนส่งแบบต่อเนื่องหลายรูปแบบในกรณีที่ตำแหน่งที่ตั้งของโรงงานผลิตน้ำตาลมีโครงสร้างพื้นฐานที่เหมาะสมต่อการขนส่งในรูปแบบดังกล่าว ทั้งนี้กรณีศึกษาโรงงานน้ำตาลพิษณุโลก จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาถึงรูปแบบการขนส่งที่เหมาะสมมากที่สุดเพื่อลดต้นทุนการขนส่งที่สามารถสร้างความได้เปรียบทางธุรกิจต่อไป

2.1.3 ต้นทุนโลจิสติกส์

ต้นทุนโลจิสติกส์ เป็นต้นทุนที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบการขนส่งสินค้า ข้อมูล และทรัพยากรอื่นๆ ตั้งแต่ต้นทาง (Upstream) ไปยังปลายทาง (Downstream) โดยกิจกรรมโลจิสติกส์ได้แก่ การจัดการวัสดุ (Materials Management) การกระจายตัวของสินค้า (Physical Distribution) คลังสินค้า (Warehouse) การขนถ่ายวัสดุ (Material Handling) และบรรจุภัณฑ์ (Packaging) โดยการจัดการวัสดุ (Materials Management) จะประกอบด้วยการพยากรณ์ความต้องการ (Demand Forecasting) การจัดซื้อ (Purchasing) การวางแผนความต้องการ (Requirement Planning) การวางแผนการผลิต (Production Planning) วัสดุโรงงานคงคลัง (Manufacturing Inventory) และการกระจายตัวของสินค้า (Physical distribution) จะประกอบไปด้วย สินค้าคงคลัง (Inventory) การวางแผนการกระจายสินค้า (Distribution Planning) การดำเนินการตามคำสั่งซื้อของลูกค้า (Order Processing) การขนส่ง (Transportation) และระบบการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ในฝ่ายลูกค้าสัมพันธ์ (Customer service) โดยกิจกรรมโลจิสติกส์ได้แสดงดังภาพที่ 2.14 โดยในงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนารูปแบบการขนส่งที่เพิ่มความได้เปรียบในการแข่งขัน สำหรับผลิตภัณฑ์น้ำตาล จะเกี่ยวข้องกับต้นทุนในกิจกรรมการขนส่ง (Transportation) คลังสินค้า (Warehousing) และการขนถ่ายวัสดุ (Materials Handling)



ภาพที่ 2.14 กิจกรรมในโลจิสติกส์

ที่มา: ปรับปรุงจาก Markus Hessee and Jean-Pual Rodrigue [10]

2.1.4 ต้นทุนการขนส่ง

ต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการขนส่งสามารถจำแนกออกเป็นหลายประเภทตามลักษณะของกิจกรรมที่ส่งผลให้เกิดต้นทุน ประกอบด้วย ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) ต้นทุนผันแปร (Variable Cost) และต้นทุนเที่ยวกลับ (Backhaul Cost)

ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) เป็นต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ และจะเกิดขึ้นเป็นจำนวนที่คงที่ กล่าวคือจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในอัตราเท่าเดิมอยู่ตลอดเวลา ซึ่งต้นทุนคงที่ด้านการขนส่ง ยกตัวอย่างเช่น ค่าเบี้ยประกันภัย ค่าทะเบียนยานพาหนะ ค่าเสื่อมราคา ค่าซ่อมบำรุงพาหนะขนส่งตามระยะทาง เงินเดือนประจำของพนักงานขับรถ ค่าเช่ายานพาหนะ เป็นต้น

ต้นทุนผันแปร (Variable Cost) เป็นต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่จะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณการขนส่งสินค้า เช่น ถ้าช่วงเวลาใดที่มีปริมาณการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลเป็นจำนวนมาก ต้นทุนประเภทนี้ย่อมมากตามไปด้วย ตัวอย่างต้นทุนผันแปรของการขนส่ง ได้แก่ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าซ่อมแซม ค่าน้ำมันหล่อลื่น ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง เป็นต้น

ต้นทุนเที่ยวกลับ (Backhaul Cost) เป็นต้นทุนที่ได้รวมเอาค่าเสียโอกาส (Opportunity Cost) เข้าไปด้วย ในกรณีของการขนส่งหมายถึงการที่ต้องบรรทุกสินค้าไปส่งยังจุดหมายปลายทางแล้วในเที่ยวกลับนั้นไม่ได้บรรทุกอะไรกลับมา ถือว่าการสูญเปล่าได้เกิดขึ้น กรณีนี้จึงต้องมีการคิดถึงต้นทุนเที่ยวกลับรวมไว้ในการคิดต้นทุนค่าบริการขนส่งด้วย ดังนั้น ผู้ประกอบการขนส่งจำเป็นต้องคำนึงถึงต้นทุนเที่ยวกลับ หรือในกรณีของธุรกิจที่มีรถบรรทุกสินค้าเองจึงควรคำนึงถึงต้นทุนในลักษณะนี้ด้วยเช่นกัน

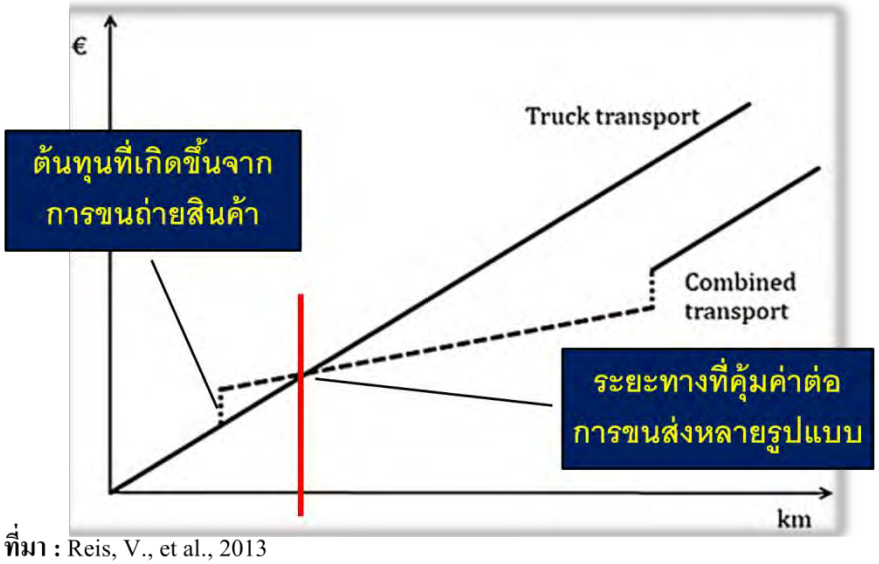
ต้นทุนของการขนส่งจะแตกต่างกันมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ประกอบด้วย ลักษณะของเส้นทางที่ใช้ในการขนส่ง ระยะทางและระยะเวลาของการขนส่ง อุปกรณ์และมาตรฐานต่างๆ ในการขนส่ง ลักษณะของสินค้าและบริการที่จะทำการขนส่ง และสภาพแวดล้อมและภูมิประเทศที่จะทำการขนส่ง

2.1.5 การลดต้นทุนการขนส่งโดยการพิจารณาถึงการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ

การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (Multimodal Transportation) คือ การขนส่งสินค้าโดยใช้รูปแบบการขนส่งที่แตกต่างกันอย่างน้อย 2 รูปแบบ การขนส่งรูปแบบนี้จะเหมาะสมกับการขนส่งต่อเนื่องในระยะทางไกล เช่น การขนส่งระดับภูมิภาค (Regional Transportation) [11] ทั้งนี้ การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบที่มีการพิจารณาถึงความเชื่อมโยงระหว่างรูปแบบการขนส่งต่างๆ ให้มีความเหมาะสมต่อการขนส่งแบบต่อเนื่องได้อย่างเหมาะสมที่สุด เรียกว่า การขนส่งที่มีการถ่ายเทสินค้าระหว่างทาง หรือIntermodal Transportation [12]

การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบสำหรับการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล กรณีศึกษาโรงงานน้ำตาลพิษณุโลกนั้นจะพิจาณาเฉพาะการขนส่งทางถนนและทางราง เนื่องจากพื้นที่ตั้งของโรงงานกรณีศึกษานี้เอื้ออำนวยเฉพาะการขนส่ง 2 รูปแบบดังกล่าว ด้วยเหตุนี้จึงมุ่งเน้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบระหว่างการขนส่งทางถนนและรางเท่านั้น

การพัฒนารูปแบบการขนส่งจากการขนส่งรูปแบบเดียวให้กลายเป็นการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบนั้นสามารถสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันทางธุรกิจได้หลายประการ โดยข้อได้เปรียบที่เห็นได้ชัดเจนที่สุดคือการลดต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการขนส่ง [9] ดังภาพที่ 2.15



ที่มา : Reis, V., et al., 2013

ภาพที่ 2.15 ค่าใช้จ่ายการขนส่งต่อกิโลเมตรระหว่างการขนส่งด้วยรถบรรทุกและรถไฟ

ที่มา: Reis, Fabian Meier [9]

จากภาพที่ 2.14 เส้นทึบแสดงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการขนส่งด้วยรถบรรทุก ส่วนเส้นประแสดงค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการขนส่งด้วยรถไฟ ในกรณีการขนส่งด้วยรถไฟสินค้าจะถูกขนส่งด้วยรถบรรทุก (เส้นทึบ) มายังสถานีรถไฟก่อนจะขนถ่าย (Transfer) สินค้าขึ้นรถไฟ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการขนถ่ายรวมอยู่ด้วย แล้วจึงขนถ่ายสินค้าขึ้นรถบรรทุกอีกหนึ่งรอบที่สถานีรถไฟปลายทางเพื่อนำสินค้าไปส่งแหล่งปลายทาง (Sinks) ซึ่งจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบในระยะทางไกลด้วยรถไฟสามารถลดต้นทุนการขนส่งได้เป็นอย่างมากเนื่องจากมีค่าใช้จ่ายต่อหน่วยการขนส่งในระดับที่ต่ำ ตารางที่ 2 แสดงค่าใช้จ่าย ความเร็ว และความจุสูงสุดโดยเฉลี่ยของยานพาหนะขนส่งแต่ละประเภท

2.1.6 ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการขนย้ายและขนส่งน้ำตาล

ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการขนย้ายและขนส่งน้ำตาลประกอบไปด้วยต้นทุนการขนย้ายผลิตภัณฑ์น้ำตาลจากคลังเก็บสินค้าภายในโรงงานไปยังคลังสินค้าของลูกค้า คลังสินค้าอื่นๆ

ภายนอกโรงงาน ท่าเรือ หรือบริเวณจุดผ่านแดน ดังนั้น ในหัวข้อนี้จึงแบ่งต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการขนย้ายและขนส่งน้ำตาลออกเป็น 2 กรณี ประกอบด้วย 1) กรณีการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลให้ลูกค้าภายในประเทศ และ 2) กรณีการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลเพื่อการส่งออก

2.1.6.1 กรณีการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลให้ลูกค้าภายในประเทศ

น้ำตาลที่จะทำการขนส่งให้ลูกค้าในประเทศโดยส่วนมากจะเป็นน้ำตาลบรรจุถุงหรือกระสอบดังภาพที่ 2.16 และใช้หลายช่องทางการขนส่ง เช่น การใช้รถบรรทุก รถพ่วง นอกจากนี้ยังมีเงื่อนไขการขนส่งอื่นๆ เช่น ลูกค้ามาขนส่งน้ำตาลเองจากโรงงาน หรือโรงงานเป็นผู้ขนส่งไปให้ลูกค้า

ภาพที่ 2.16 น้ำตาลทรายบรรจุถุงและบรรจุกระสอบ

ที่มา : เว็บไซต์กลุ่มบริษัทน้ำตาลไทยรุ่งเรือง

ต้นทุนการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลให้ลูกค้าภายในประเทศ ประกอบด้วย 1) ต้นทุนในการขนย้ายน้ำตาลจากคลังสินค้าภายในโรงงานขึ้นพาหนะขนส่งสินค้า 2) ต้นทุนในการขนส่งน้ำตาลโดยใช้ยานพาหนะขนส่งสินค้าประเภทต่างๆ และ 3) ต้นทุนในการขนย้ายน้ำตาลลงจากพาหนะขนส่งสินค้า

1) ต้นทุนในการขนย้ายน้ำตาลจากคลังสินค้าภายในโรงงานขึ้นพาหนะขนส่งสินค้าจะเป็นต้นทุนที่ขึ้นอยู่กับวิธีการขนย้ายเป็นหลัก ได้แก่ ขนย้ายโดยใช้แรงงานกรรมกร ขนย้ายโดยใช้สายพานดังภาพที่ 2.17 และขนย้ายโดยใช้ลวดสลิง (Pre-sling) ดังภาพที่ 2.18

ภาพที่ 2.17 ตัวอย่างสายพานลำเลียงผลิตภัณฑ์น้ำตาล

ที่มา : โรงงานน้ำตาลพิษณุโลก

ภาพที่ 2.18 ตัวอย่างลวดสลิง (Pre-sling) เพื่อขนย้ายผลิตภัณฑ์น้ำตาล

ที่มา : โรงงานน้ำตาลพิษณุโลก

2) ต้นทุนในการขนส่งน้ำตาลโดยใช้ยานพาหนะขนส่งสินค้าประเภทต่างๆ โดยข้อมูลจากบริษัทขนส่งเอกชนในประเทศไทยแห่งหนึ่งให้ข้อมูลว่ามีปัจจัย 3 หลักประการที่กำหนดราคาขนส่ง ประกอบด้วย ประเภทยานพาหนะขนส่ง จุดหมายปลายทาง และความเร็ว โดยปัจจัยประการที่หนึ่ง ประเภทยานพาหนะขนส่ง ได้แก่ รถบรรทุกขนาดเล็กและขนาดใหญ่ รถไฟ เครื่องบิน และเรือขนส่งสินค้า ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับปริมาณการขนส่ง และน้ำหนักของสินค้านั้นมีผลต่อการคำนวณราคาค่าบริการขนส่ง นอกจากนี้การขนส่งแต่ละประเภทต้องคำนึงถึงการบรรจุหีบห่ออย่างถูกต้องเหมาะสม เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายต่อตัวผลิตภัณฑ์และความล่าช้าที่อาจเกิดขึ้น ปัจจัยประการที่สอง จุดหมายปลายทาง ซึ่งจะพิจารณาจากระยะทางและการเข้าถึงจุดหมายปลายทางซึ่งมีผลต่อการคำนวณค่าบริการขนส่ง และปัจจัยที่กำหนดราคาขนส่งประการสุดท้ายคือ ความเร็วในการขนส่ง ซึ่งมักจะพิจารณาจากความเร่งด่วนในการขนส่งสินค้าให้ทันตามกำหนดส่งสินค้า (Due date) เพื่อหลีกเลี่ยงค่าปรับที่เกิดขึ้นจากการส่งมอบสินค้าล่าช้า

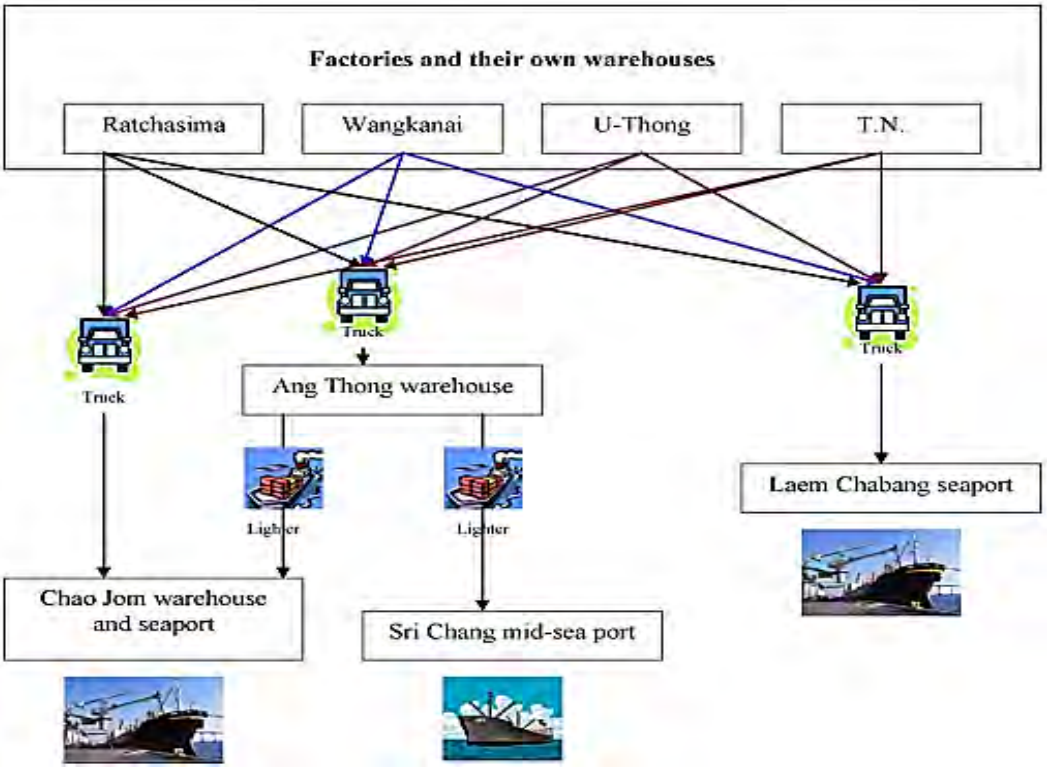
3) ต้นทุนในการขนย้ายน้ำตาลลงจากพาหนะขนส่งสินค้า เป็นต้นทุนที่ขึ้นอยู่กับวิธีการขนย้ายเป็นหลักเหมือนกรณีการขนย้ายขึ้นประกอบด้วย ต้นทุนในการขนย้ายผลิตภัณฑ์น้ำตาลโดยใช้แรงงานกรรมกร สายพาน หรือใช้เชือกสลิง (Pre-sling)

2.1.6.2 กรณีการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลเพื่อการส่งออก

ต้นทุนการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลเพื่อการส่งออกจะเริ่มพิจารณาตั้งแต่กระบวนการขนย้ายผลิตภัณฑ์น้ำตาลจากคลังเก็บสินค้าภายในโรงงานจนกระทั่งถึงท่าเรือ หรือบริเวณจุดผ่านแดน โดยงานวิจัยของ Chiadamrong and Kawtummachai [6] ได้ให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลเพื่อการส่งออกดังต่อไปนี้

1. ต้นทุนการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลเพื่อการส่งออกโดยใช้เรือสินค้า

ต้นทุนการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลเพื่อการส่งออกโดยใช้เรือสินค้าสามารถแบ่งตามลักษณะการขนส่งได้ 3 รูปแบบ ประกอบด้วย รูปแบบที่ 1 การขนส่งจากโรงงานไปยังท่าเรือส่งออกเพื่อลำเลียงขึ้นเรือสินค้าโดยตรง รูปแบบที่ 2 การขนส่งจากโรงงานไปยังคลังสินค้าที่ท่าเรือส่งออก และรูปแบบที่ 3 การขนส่งจากโรงงานไปยังคลังสินค้าเอกชนก่อนแล้วขนส่งต่อไปยังท่าเรือส่งออก ภาพที่ 2.19 แสดงตัวแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลกรณีศึกษากลุ่มน้ำตาลวังขนาย [6]



ภาพที่ 2.19 ตัวแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลกรณีศึกษากลุ่มน้ำตาลวังขนาย

ที่มา: Chiadamrong and Kawtummachai [6]

ต้นทุนการขนส่งที่เกี่ยวข้องกับการส่งออกผลิตภัณฑ์น้ำตาล ได้แก่ ค่าขนย้ายสำหรับขึ้น-ลงพาหนะขนส่งต่างๆ เช่น รถบรรทุกสินค้า เรือสินค้า เรือโป๊ะ ค่าขนส่งสินค้า ค่าเช่าคลังสินค้าเอกชน ค่าใบขนส่งสินค้า ค่าวิเคราะห์น้ำตาล ค่าบริการส่งออก ค่าบริการท่าเรือ เป็นต้น ภาพที่ 2.20 แสดงรูปเรือโป๊ะขนส่งสินค้า และภาพที่ 2.21 แสดงเครนหน้าท่า (Gantry Crane) ขนย้ายสินค้า

ภาพที่ 2.20 เรือโป๊ะขนส่งสินค้าบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยา ประเทศไทย

ภาพที่ 2.21 เครนหน้าท่า (Gantry Crane) ขนย้ายสินค้า

นอกจากนี้ข้อมูลจากหอการค้าไทยระบุว่า การขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลในปัจจุบันนิยมขนส่งโดยใช้ตู้คอนเทนเนอร์มากขึ้น เนื่องจากความสะดวกในกระบวนการการขนส่ง และ

เพื่อลดต้นทุนในกระบวนการการขนส่ง เช่น การขนย้ายลงรถบรรทุกและขึ้นเรือสินค้า การตรวจสอบจำนวนสินค้า เป็นต้น ทั้งนี้ การขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลโดยใช้ตู้คอนเทนเนอร์นั้นสามารถแบ่งได้ 2 ลักษณะการขนส่ง โดยลักษณะที่ 1 เป็นการลากตู้คอนเทนเนอร์เปล่ามาบรรจุน้ำตาลที่โรงงาน และลักษณะที่ 2 เป็นการขนย้ายน้ำตาลมายังคลังสินค้าใกล้ท่าเรือแล้วบรรจุเข้าตู้คอนเทนเนอร์เปล่า

2. ต้นทุนการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลเพื่อการส่งออกผ่านชายแดน

ต้นทุนการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลเพื่อการส่งออกผ่านชายแดนของประเทศไทยที่นอกเหนือจากต้นทุนการขนย้ายสำหรับขึ้น-ลงพาหนะ ค่าขนส่งสินค้า ค่าใบขนส่งสินค้า ค่าวิเคราะห์น้ำตาล ฯลฯ แล้ว ก็จะเป็นต้นทุนด้านภาษีศุลกากรที่ด่านศุลกากรที่อนุญาตให้มีการส่งออกน้ำตาลทรายได้ ตารางที่ 2.3 แสดงรายชื่อด่านศุลกากรที่อนุญาตให้ส่งออกน้ำตาลทรายในปัจจุบัน ภาพที่ 2.22 แสดงตำแหน่งที่ตั้งสำนักงาน/ด่านศุลกากรในประเทศไทย และภาพที่ 2.23 แสดงแผนภูมิขั้นตอนการส่งออกผลิตภัณฑ์น้ำตาลไปต่างประเทศที่มีขั้นตอนพิธีการศุลกากร (ในเส้นประ)

ตารางที่ 2.3 รายชื่อด่านศุลกากรที่อนุญาตให้ส่งออกน้ำตาลทรายในปัจจุบัน

สำนักงานศุลกากร	จำนวน	รายชื่อด่านศุลกากรที่อนุญาตให้ส่งออกน้ำตาลทราย
สำนักงานศุลกากรภาคที่ 1	5	ด่านศุลกากรอรัญประเทศ-ช่องคลองลึก จังหวัดสระแก้ว ด่านศุลกากรจันทบุรี-ช่องผักกาด จังหวัดจันทบุรี ด่านศุลกากรจันทบุรี-ช่องซับตารี จังหวัดจันทบุรี ด่านศุลกากรคลองใหญ่ จัดหวัดตราด ด่านศุลกากรสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี
สำนักงานศุลกากรภาคที่ 2	7	ด่านศุลกากรเชียงคาน จังหวัดเลย ด่านศุลกากรท่าแพ จังหวัดหนองคาย ด่านศุลกากรบึงกาฬ จังหวัดหนองคาย ด่านศุลกากรนครพนม จังหวัดนครพนม ด่านศุลกากรมุกดาหาร จัดหวัดมุกดาหาร ด่านศุลกากรพิบูลมังสาหาร จังหวัดอุบลราชธานี ด่านศุลกากรช่องจอม จังหวัดสุรินทร์
สำนักงานศุลกากรภาคที่ 3	4	ด่านศุลกากรแม่สาย จังหวัดเชียงราย ด่านศุลกากรเชียงแสน จังหวัดเชียงราย ด่านศุลกากรเชียงของ จังหวัดเชียงราย ด่านศุลกากรแม่สอด จังหวัดตาก
สำนักงานศุลกากรภาคที่ 4	3	ด่านศุลกากรระนอง จังหวัดระนอง ด่านศุลกากรสตูล จังหวัดสตูล ด่านศุลกากรปาดังเบซาร์ จังหวัดสงขลา

ที่มา: กรมศุลกากร

ภาพที่ 2.22 แสดงตำแหน่งที่ตั้งสำนักงาน/ด่านศุลกากรในประเทศไทย

ที่มา: กรมศุลกากร

ภาพที่ 2.23 แผนภูมิขั้นตอนการส่งออกผลิตภัณฑ์น้ำตาลไปต่างประเทศ

ที่มา: กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ

ข้อมูลด้านต้นทุนการขนส่งที่สำคัญนี้ได้แบ่งตามลักษณะการขนส่งไว้ 4 รูปแบบ ดังนี้ 1) รูปแบบที่ 1 (Case 1) คือ การขนส่งไปที่ท่าเรือโดยตรง 2) รูปแบบที่ 2 (Case2) คือ การขนส่งไปที่คลังสินค้าก่อนส่งต่อไปยังท่าเรือ 3) รูปแบบที่ 3 (Case 3) คือ การขนส่งโดยใช้ตู้คอนเทนเนอร์ไปที่ท่าเรือโดยตรง และ 4)รูปแบบที่ 4 คือ การส่งออกผ่านชายแดน โดยตารางที่ 2.4 จะแสดงต้นทุนที่เกี่ยวข้องทั้งหมดในแต่ละรูปแบบสำหรับการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล

ตารางที่ 2.4 ต้นทุนที่เกี่ยวข้องทั้งหมดในแต่ละรูปแบบสำหรับการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล

	ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการขนส่ง	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
1	ค่าขนน้ำตาลขึ้นพาหนะขนส่ง	✓	✓		✓
	ค่า Intake ผลิตภัณฑ์น้ำตาลเข้าตู้คอนเทนเนอร์			✓	
	ค่า Lift on / off ตู้คอนเทนเนอร์			✓	
2	ค่าขนส่ง	✓	✓	✓	✓
3	ค่าขนน้ำตาลลงพาหนะขนส่ง		✓		
4	ค่าเช่าคลังสินค้าเอกชน		✓		
5	ค่าขนถ่ายสินค้าที่คลังสินค้าเอกชน		✓		
6	ค่าขนขึ้นเรือโป๊ะ		✓		
7	ค่าขนส่งโดยเรือโป๊ะถึงท่าเรือชายฝั่ง		✓		
9	ค่าขนถ่ายลงเรือเดินสมุทร	✓	✓	✓	
10	ค่า THC	✓	✓	✓	✓
11	ค่า B/L	✓	✓	✓	
12	ค่าใบขนสินค้า	✓	✓	✓	✓
13	ค่าวิเคราะห์น้ำตาล	✓	✓	✓	✓
14	ค่าใช้จ่ายอื่นๆ เพื่อการส่งออก	✓	✓	✓	✓

ที่มา: นาวี เจี่ยดำรง และคณะ[13]

ค่า Intake เป็นค่าใช้จ่ายในการบรรจุผลิตภัณฑ์น้ำตาลเข้าสู่ตู้คอนเทนเนอร์

ค่า Lift on/off เป็นค่าใช้จ่ายในการยกตู้คอนเทนเนอร์ขึ้น/ลงจากยานพาหนะ

ค่า THC ย่อมาจาก Terminal Handling Charge เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการขนถ่ายสินค้าทั้งต้นทางและปลายทาง เช่น ค่าภาระสินค้า ค่าลากตู้สินค้า

ค่า B/L ย่อมาจาก Bill of Lading คือใบตราส่งสินค้าทางทะเล ซึ่งเป็นเอกสารแสดงสิทธิในสินค้า และเป็นหลักฐานสัญญาของบริษัทเรือที่จะขนส่งสินค้าทางเรือ ของประเทศส่งออกไปยังท่าเรือปลายทาง

ค่าใบขนสินค้า เป็นค่าออกแบบพิมพ์ที่กรมศุลกากรกำหนดให้ผู้ส่งออกต้องยื่นต่อกรมศุลกากรในการส่งออกสินค้า ซึ่งจำแนกออกได้หลากหลายประเภทตามลักษณะการส่งออก

ค่าวิเคราะห์น้ำตาล เป็นค่าใช้จ่ายในการขอหนังสือรับรองคุณภาพจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องตามความต้องการของลูกค้า ยกตัวอย่างเช่น เป็นค่าใช้จ่ายในการหนังสือรับรองผลการวิเคราะห์จากกองอาหารส่งออก กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ หรือหนังสือรับรองผลการวิเคราะห์ จากกองการวัดกัมมันตภาพรังสี สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ เป็นต้น

ค่าใช้จ่ายอื่นๆ เช่น ค่าขนถ่ายสินค้าจากคลังเก็บสินค้าขึ้น/ลงรถบรรทุกสินค้า ค่าบริการส่งออก และค่าสำรวจ (ค่าสำรวจ เป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานด้านการสำรวจและประเมินค่าความเสียหายทุกประเภทต่อตัวผลิตภัณฑ์ด้านภัยทางทะเล และประเมินค่าสินไหมต่อความเสียหายที่คุ้มครองภายใต้กรมธรรม์ประกันวินาศภัยของบริษัทประกันภัย)

2.1.7 การวัดประสิทธิภาพของการขนส่ง

การวัดประสิทธิภาพของการขนส่ง จะวัดจากต้นทุนค่าขนส่ง ซึ่งจะประกอบไปด้วยค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจาก 4 กิจกรรมหลัก ดังนี้ คือ 1) ค่าใช้จ่ายด้านการขนส่ง (Transportation Cost) 2) ค่าใช้จ่ายด้านการขนถ่าย (Transfer Cost) 3) ค่าใช้จ่ายด้านการจัดเก็บ (Carrying Cost) และ4) ค่าปรับที่เกิดจากการขนส่งล่าช้า (Penalty Cost)

ค่าใช้จ่ายด้านการขนส่ง (Transportation Cost) เช่น ค่าใช้จ่ายในการเช่ารถ ค่าน้ำมัน ค่าจ้างคนขับรถ

ค่าใช้จ่ายด้านการขนถ่าย (Transfer Cost) เช่น ค่าเครื่องมือที่ใช้ในการขนย้ายผลิตภัณฑ์น้ำตาล ค่าจ้างคนงานขนย้ายผลิตภัณฑ์น้ำตาล

ค่าใช้จ่ายด้านการจัดเก็บ (Carrying Cost) เช่น ค่าใช้จ่ายในการเช่าพื้นที่ในการจัดเก็บผลิตภัณฑ์น้ำตาล ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาผลิตภัณฑ์น้ำตาล

ค่าปรับที่เกิดจากการขนส่ง (Penalty Cost) เช่น ค่าปรับจากการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล ไม่ทันตามกำหนดเวลา

2.1.8 ลักษณะทางพลศาสตร์ของเส้นทางการขนส่ง และสภาพแวดล้อมของการขนส่ง

ในหัวข้อนี้จะเกี่ยวข้องกับการศึกษาถึงลักษณะพลศาสตร์ของการขนส่งทั้งทางถนนและทางราง และการทดสอบความสั่นสะเทือนและการกระแทกของผลิตภัณฑ์ระหว่างการขนส่งเพื่อนำไปออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อไป โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1.8.1 ลักษณะพลศาสตร์ของการขนส่ง

การขนส่งสินค้าทางบกที่เกี่ยวข้องกับการค้าระหว่างประเทศ โดยปกติจะเป็นการขนส่งสินค้าของการค้าผ่านพรมแดนของประเทศที่มีอาณาเขตติดต่อกัน ซึ่งมีทั้งการขนส่งโดยทางรถยนต์และทางรถไฟ ในปัจจุบันการขนส่งสินค้าทางรถยนต์ในประเทศไทยได้ทวีความสำคัญมากขึ้นเป็นลำดับ จากการขยายตัวของการค้าในบริเวณชายแดนของประเทศ

การขนส่งทางรถยนต์สามารถกระทำได้โดยง่ายโดยที่รถยนต์บรรทุกสามารถไปรับสินค้าที่ส่งออกจากสถานที่จัดเก็บของผู้ส่งออกได้โดยตรงมีความสะดวกและรวดเร็วมีผู้ประกอบการเป็นจำนวนมาก ค่าขนส่งเป็นไปตามกลไกของตลาด เอกสารที่ใช้ในการขนส่งทางรถยนต์คือ ใบส่งสินค้า (Consignment Note) ซึ่งเป็นเอกสารที่ออกให้โดยผู้รับขนส่งโดยปกติจะประกอบไปด้วยต้นฉบับและสำเนาอีกจำนวนหนึ่งต้นฉบับจะใช้กำกับสินค้าซึ่งจะติดไปพร้อมกับรถบรรทุกเพื่อสำแดงรายการบรรทุกให้ผู้ส่งของผู้รับบรรทุกและผู้รับสินค้าที่ปลายทางได้รับทราบ สามารถตรวจสอบชนิดปริมาณ หรือน้ำหนักของสินค้า ที่ได้ขนส่งไปได้ การจัดหาระวางบรรทุกผู้ขายสามารถติดต่อกลับผู้ประกอบการรถบรรทุกโดยตรง เมื่อผู้ขายส่งสินค้าไปถึงชายแดนแล้วผู้ซื้อจะจัดรถของตนเองไปขนถ่ายหรือจะให้รถของผู้ขายไปส่งสินค้าถึงในประเทศผู้ซื้อก็ได้ ตามแต่จะตกลงกันและตามแต่ข้อตกลง

การเดินรถระหว่างประเทศ เช่นรถยนต์ที่วิ่งเข้าไปในประเทศมาเลเซียมีแผ่นป้ายทะเบียนของทั้งสองประเทศเป็นต้น

การขนส่งทางรถไฟสำหรับสินค้าที่นำเข้าหรือส่งออกนั้นส่วนใหญ่จะเป็นการขนส่งสินค้าผ่านพรมแดนของประเทศมาเลเซียแต่ไม่ค่อยได้รับความนิยมมากนักและมีค่าใช้จ่ายสูงกว่าการขนส่งโดยวิธีอื่น เอกสารที่ใช้ในการกำกับการขนส่งเรียกว่า ใบส่งสินค้า (Consignment Note) เช่นเดียวกับการขนส่งสินค้าทางรถยนต์ การติดต่อหาระวางบรรทุกสามารถกระทำได้โดยการติดต่อกับการรถไฟแห่งประเทศไทยโดยตรงหรือติดต่อผ่านตัวแทนผู้รับขนส่งสินค้าระหว่างประเทศก็ได้ข้อดีของการขนส่งสินค้าทางรถไฟคือสามารถส่งสินค้าลึกเข้าไปในพรมแดนของอีกประเทศหนึ่งได้ การขนส่งทางรถไฟส่วนใหญ่จะเป็นการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ระหว่างสถานที่จัดเก็บคอนเทนเนอร์ (Depot) ของสายเดินเรือและท่าเรือแหลมฉบัง ซึ่งโลจิสติกส์เป็นคำกว้าง ๆ ที่เกี่ยวกับการบริหารจัดการสินค้าในภาคการผลิต Logistics เป็นส่วนหนึ่งของการบริหารโซ่อุปทาน (Supply Chain Management) ซึ่งจะครอบคลุมถึงการวางแผน การบริหารจัดการในตัวสินค้าและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่น การจัดหา การเก็บรักษา การขนส่ง และควบคุมโดยมุ่งเน้นให้มีประสิทธิภาพสูงสุดและสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้า เพื่อให้สินค้าเคลื่อนที่จากจุดการผลิตที่ต้นทางด้านหนึ่งไปยังผู้บริโภคยังปลายทางอีกด้านหนึ่ง ด้วยเวลาที่รวดเร็วที่สุดและค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดสำหรับในภาคการขนส่งสินค้า Logistics คือ กิจกรรมใด ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการขนส่งสินค้าจากจุดต้นทางในประเทศหนึ่งไปยังจุดหมายปลายทางในอีกประเทศหนึ่งเป็นบริการแบบครบวงจรที่ครอบคลุมในทุกเรื่องที่เกี่ยวกับขนส่งสินค้า คือ การจัดการขนส่งจากผู้ขายหรือโรงงานที่ต้นทางในประเทศหนึ่ง จนกระทั่งสินค้าไปถึงมือผู้บริโภคทอดสุดท้ายในปลายทางอีกประเทศหนึ่งตลอดจนการออกหนังสือตราส่งสินค้าที่ทำการขนส่งซึ่งอาจเป็นไปได้ทั้งการขนส่งรูปแบบเดียวหรือการขนส่งหลายรูปแบบการดำเนินพิธีการศุลกากรทั้งที่ต้นทางและปลายทาง การทำประกันขนส่งสินค้า การจัดทำเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งสินค้าทั้งที่ประเทศต้นทางและปลายทาง การรวบรวมสินค้า การเก็บรักษาสินค้าทั้งที่ต้นทางและปลายทาง รวมทั้งการกระจายสินค้าเพื่อส่งไปยังจุดค้าปลีกต่างๆ ในประเทศปลายทาง

การดำเนินงานธุรกิจไร้พรมแดนและโลกแห่งการติดต่อสื่อสาร การค้าผ่าน Internet ในปัจจุบันเกิดการแข่งขันกันอย่างมาก การส่งมอบสินค้าที่รวดเร็ว การได้มาซึ่งสินค้าที่รวดเร็วด้วยต้นทุนที่ต่ำจึงเป็นหัวใจสำคัญของการอยู่รอดของกิจการโลจิสติกส์ จึงมีแนวโน้มการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง ธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งสินค้าจำนวนมาก เช่น สายเดินเรือ ตัวแทนผู้รับขนส่งสินค้า

ระหว่างประเทศ ผู้ให้บริการทั้งด้านโกดังโรงพักสินค้าบริษัทข้ามชาติขนาดใหญ่ เป็นต้น ซึ่งแต่เดิมมุ่งเน้นแต่ในสายธุรกิจของตนเองได้ขยายขอบเขตธุรกิจของตนเองให้ครอบคลุมถึงธุรกรรมทุกเรื่องที่เกี่ยวข้องกับระบบโลจิสติกส์เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าในยุคของการค้าไร้พรมแดนและโลกแห่ง Cyber Space [14]

2.1.8.2 สภาวะสิ่งแวดล้อมของระบบการกระจายสินค้า

สภาวะสิ่งแวดล้อมของระบบการกระจายสินค้า (Physical Distribution Environment) สามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ สภาวะแวดล้อมที่เกิดจากอันตรายทางกายภาพและอันตรายทางภูมิอากาศ ซึ่งอันตรายทางกายภาพถือได้ว่าเป็นอันตรายที่ร้ายแรงกว่ามาก อันตรายทางกายภาพเกิดระหว่างการเก็บคงคลัง การขนย้ายสินค้า และการลำเลียง ก่อให้เกิดแรงกระทำในลักษณะของการกด (Compression) การกระแทก (Shock) และการสั่นสะเทือน (Vibration) ส่วนอันตรายทางภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และแสงแดด ซึ่งสมรรถนะของบรรจุภัณฑ์ขนส่งที่ดีนอกจากจะต้องคุ้มครองสินค้าที่บรรจุจากอันตรายทั้ง 2 ประเภทดังกล่าว ยังต้องออกแบบบรรจุภัณฑ์ให้มีต้นทุนที่ก่อให้เกิดกำไรสูงสุด

- สภาวะสิ่งแวดล้อมที่เกิดอันตรายทางกายภาพ

การทดสอบประเมินสมรรถนะของบรรจุภัณฑ์ในการป้องกันอันตรายสามารถแยกประเภทโดยใช้เวลาเป็นเกณฑ์ ทำการแยกออกเป็นการทดสอบแบบศักย์และแบบจลน์ การทดสอบความต้านทานต่อแรงกดจากการเรียงซ้อน คือ เป็นการทดสอบแบบศักย์ ส่วนการทดสอบการกระแทกและการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเพียงเสี้ยววินาที ถือว่าเป็นการทดสอบแบบจลน์ เมื่อเปรียบเทียบอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบจำลองอันตรายที่เกิดจากอันตรายทางศักย์และทางจลน์ พบว่าอันตรายแบบจลน์ต้องใช้อุปกรณ์ที่สลับซับซ้อนกว่าและมีราคาแพงกว่ามาก ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 อันตรายที่พบโดยทั่วไปในระหว่างการขนส่งสินค้า

ประเภทอันตราย		รายละเอียด
1. อันตรายทางกายภาพ	การกระแทก	การกระแทกพื้นระหว่างการขนย้าย การโยน การกลิ้งบนสายพานหรือราง การกระแทกและการขัดสีในพาหนะขนส่ง
	สั่นสะเทือน	ความขรุขระของเส้นทางขนส่ง ระบบล้อที่ทำให้เกิดการสั่นสะเทือนในพาหนะขนส่ง
	การกดทับ	การเรียงซ้อนกองในคลังสินค้า หรือการมัดสินค้า
	การทิ่มทะลุ	การใช้อุปกรณ์ที่ผิดวิธี เช่น รถยก การใช้ตะขอ การใช้แท่นรองรับสินค้าหรือพาเลทที่เสียหายชำรุด
2. อันตรายทางภูมิอากาศ	อุณหภูมิที่สูงขึ้น	สภาวะบรรยากาศที่ร้อน การตากแดด การวางอยู่ใกล้แหล่งกำเนิดความร้อน เช่น หม้อน้ำร้อน
	อุณหภูมิที่ลดลง	สภาวะบรรยากาศที่หนาว พาหนะที่ขนส่งไม่มีการปรับอากาศ
	ความดันต่ำ	ภายในเครื่องบินที่ไม่มีระบบปรับความดัน การขึ้นสู่ที่สูงกว่าระดับน้ำทะเลมากๆ
	แสงอาทิตย์	การตากแดดจากแสงอาทิตย์โดยตรง
	ความชื้น	สภาวะบรรยากาศที่มีความชื้นสูง ตากฝนหรือน้ำทะเล การควบแน่นเป็นหยดน้ำ (Condensation)

ที่มา: ประจวบ และ พัฒน์,[15]

2.1.8.3. การทดสอบความสั่นสะเทือนและการกระแทกของผลิตภัณฑ์ระหว่างการขนส่ง

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการทดสอบความสั่นสะเทือนและการกระแทกของผลิตภัณฑ์ระหว่างการขนส่งจะเกี่ยวข้องกับมาตรฐานการทดสอบบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ภาพที่ 2.24 การเคลื่อนย้ายและขนส่งสินค้า

ที่มา : สำนักโลจิสติกส์ กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ [16]

ก่อนการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งสินค้าในระบบโลจิสติกส์ จำเป็นต้องทราบรูปแบบของสภาวะอันตรายที่สินค้าอาจประสบระหว่างการขนส่ง เช่น ความชื้น สภาพอากาศ อุณหภูมิ รูปแบบการลำเลียง เป็นต้น นอกจากนั้น ความเสียหายจากเหตุการณ์ทางกลที่เกิดจากการตกกระแทก (Shock and Impact) การสั่นสะเทือน (Vibration) และการกดทับ (Compression) ต่างก็มีผลให้สินค้าเสียหายได้เช่นกัน ดังนั้น การทดสอบบรรจุภัณฑ์ก่อนการขนส่งจริง จึงนำมาใช้เป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพในเบื้องต้นได้ในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตามผลที่ได้จากห้องปฏิบัติการถือว่าเป็นการคาดคะเนเบื้องต้นเท่านั้น เนื่องจากสภาวะแวดล้อมในกระบวนการขนส่งจริงมีความแปรปรวนได้ตลอดเวลา ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นในการทดสอบ การเก็บข้อมูลของสภาวการณ์ที่เกี่ยวข้องจึงต้องนำมาใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในการจำลองสภาวะการทดสอบในห้องปฏิบัติการให้เสมือนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงที่สุด ซึ่งผลจากการทดสอบนี้เองจะเป็นผลให้บรรจุภัณฑ์ขนส่งนั้นสามารถถูกนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการทดสอบที่สามารถสะท้อนความเสียหายของสินค้าจากการตกกระแทกและการสั่นสะเทือน

เช่น ความสูงของการวางเรียงซ้อน รูปแบบการเก็บรักษาสินค้า สภาวะบรรยากาศ ระยะเวลาประเภทยานพาหนะขนส่ง รูปแบบและจำนวนครั้งที่สินค้ามีโอกาสตกกระแทกได้ เป็นต้น ดังนั้น อุปกรณ์บันทึกข้อมูลและตรวจวัดความเร่งจึงเป็นเครื่องมือที่เก็บและบันทึกข้อมูลกิจกรรมภาคสนามที่เกิดขึ้น เช่นอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความดันบรรยากาศ เพื่อนำมาใช้จำลองรูปแบบของสภาวะการขนส่งในห้องปฏิบัติการให้ใกล้เคียงกับการขนส่งจริงที่สุด เพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นต่อบรรจุภัณฑ์ขนส่งที่ออกแบบขึ้นมา

การทดสอบบรรจุภัณฑ์ขนส่งนั้นสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การทดสอบก่อนการขนส่ง และระหว่างขนส่งจริง ซึ่งการทดสอบก่อนการขนส่งนั้นมักอ้างอิงมาตรฐาน ASTM D4169 “Standard Practice for Performance Testing of Shipping Containers and Systems” และระเบียบวิธี ISTA 1A และ 2A ประกอบด้วยลำดับการทดสอบการตกกระแทกการสั่นสะเทือน และการกดทับ เพื่อประเมินสมรรถนะของบรรจุภัณฑ์ที่สามารถทนต่ออันตรายที่เกิดขึ้นในสภาวะการขนส่งได้ โดยใช้บรรจุภัณฑ์ชุดเดียวกันต่อเนื่องตลอดการทดสอบ และจะเปิดบรรจุภัณฑ์เพื่อตรวจสอบและประเมินความเสียหายของสินค้าเมื่อการทดสอบเสร็จสิ้น การทดสอบประเภทนี้จะให้ผลเพียงผ่านหรือไม่ผ่านเท่านั้น จึงไม่ได้เป็นการรับประกันว่าสินค้าจะไม่เกิดความเสียหายภายใต้สภาวะแวดล้อมขนส่งจริงได้ เนื่องจากสินค้าอาจเผอิญกับปัจจัยอื่นๆ ที่ยากต่อการควบคุม

การทดสอบสมรรถนะของบรรจุภัณฑ์ขนส่งสามารถกระทำระหว่างการขนส่งจริง ในกรณีนี้ผลการตรวจวัดและบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่อความเสียหายของสินค้าระหว่างทางจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับผลทดสอบที่ได้จากห้องปฏิบัติการ แต่ไม่สามารถใช้ทดแทนการทดสอบก่อนการขนส่งในห้องปฏิบัติการได้ เนื่องจากสภาวะการทดสอบจะถูกควบคุมในห้องปฏิบัติการ ในขณะที่สภาวะบรรยากาศระหว่างการขนส่งจริงอาจมีการแปรปรวนของอุณหภูมิ ความชื้น ลักษณะเส้นทาง และพฤติกรรมของผู้บังคับพาหนะขนส่ง เป็นผลให้เกิดความรุนแรงมากกว่าผลที่ได้จากห้องปฏิบัติการ

ระดับความเสียหายต่อสินค้าขึ้นกับความสามารถในการปกป้องของบรรจุภัณฑ์และระดับความทนต่อการแตกหักเสียหายของตัวสินค้า (Product Fragility) ซึ่งวัสดุกันการกระแทกจึงเป็นอุปกรณ์เสริมเพื่อช่วยลดความรุนแรงที่จะมีผลต่อตัวสินค้าได้โดยตรง อย่างไรก็ตาม การใช้วัสดุบรรจุเกินความจำเป็นจะสามารถปกป้องสินค้าจากความเสียหายได้จริงอยู่ แต่อาจส่งผลให้ต้นทุนและค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้น ในทางตรงข้าม วัสดุบรรจุที่น้อยเกินไปอาจทำให้ต้นทุนลดลงจริง แต่อาจ

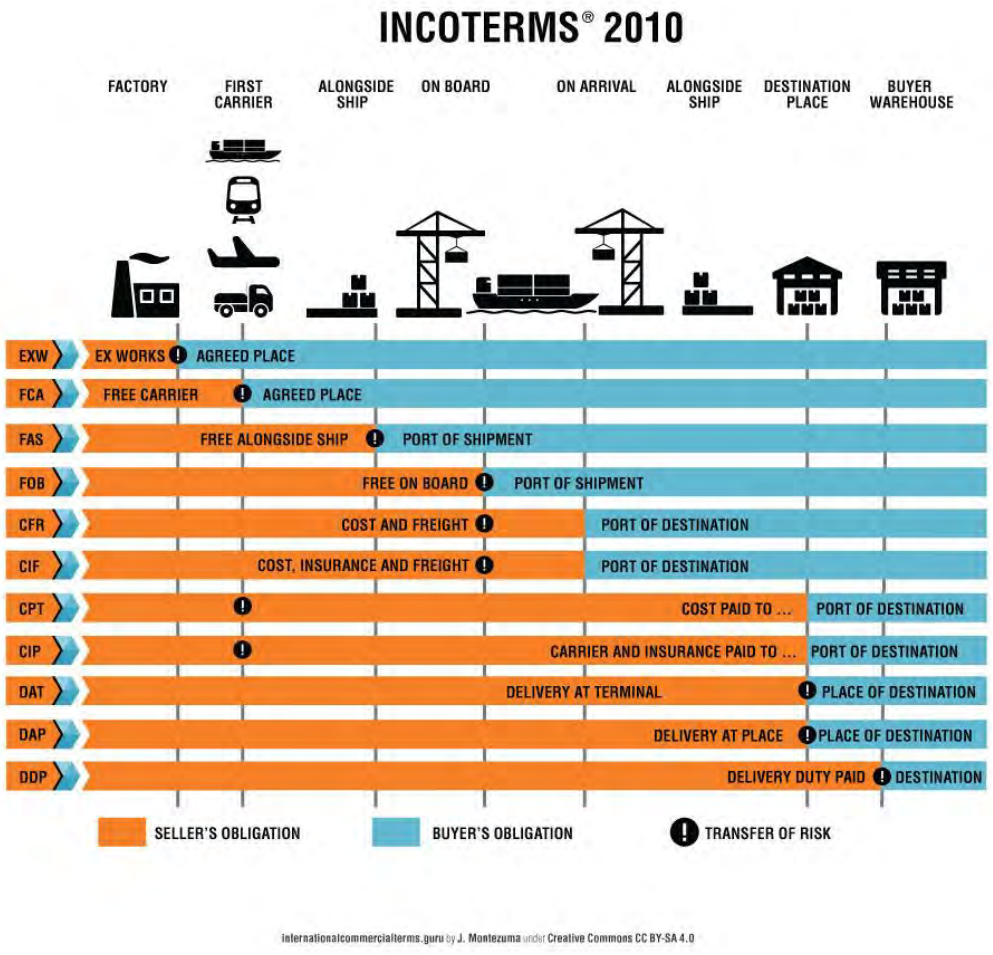
ทำให้บรรจุภัณฑ์ไม่สามารถปกป้องสินค้าได้เลย ดังนั้น การออกแบบบรรจุภัณฑ์ขนส่งสินค้าจึงต้องอาศัยแนวคิดที่เป็นระบบเพื่อให้ได้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม โดยอาศัยความรู้เชิงเทคนิคและความเข้าใจในสถานการณ์ความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นเพื่อให้สินค้าถึงจุดหมายได้อย่างปลอดภัย [16]

2.1.9 การขนส่ง และการกระจายสินค้าน้ำตาลทราย

เนื่องจากน้ำตาลทรายเป็นสินค้าควบคุม โรงงานน้ำตาลทราย จึงทำการจำหน่ายน้ำตาลทรายในประเทศตามโควตาที่โรงงานได้รับจากคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย โดยอาจจำหน่ายให้กับตัวแทนจำหน่ายจะขายให้กับร้านค้าขนาดใหญ่ (Modern Trade) ซึ่งจะขายต่อให้ร้านค้าปลีกและผู้บริโภคครัวเรือน และโรงงานอุตสาหกรรมต่อเนื่องที่ใช้น้ำตาลเป็นวัตถุดิบ ดังนั้นการขนส่งเพื่อใช้ในประเทศ จะแบ่งออกเป็นการขนส่งจากโรงงานแปรรูปน้ำตาลไปยังตัวแทนจำหน่าย เพื่อกระจายไปยังผู้บริโภคในประเทศ และการขนส่งไปยังโรงงานอุตสาหกรรมต่อเนื่องที่ใช้นำตาลเป็นวัตถุดิบขั้นกลาง เช่น โรงงานผลิตเครื่องดื่ม โรงงานแปรรูปอาหาร เป็นต้น โดยที่ขนาดบรรจุน้ำตาล มีตั้งแต่การบรรจุถุงหน่วยละ 1 และ 5 กิโลกรัม แบบกระสอบ 25 แบะ 50 กิโลกรัม หากเป็นน้ำตาลทรายดิบจะเป็นแบบเทกอง และการขนส่งในประเทศทั้งหมดจะใช้การขนส่งทางถนนโดยการบรรทุกแบบใช้รถบรรทุกสิบล้อ หรือรถบรรทุกสิบล้อพ่วง และบรรจุในตู้คอนเทนเนอร์ ซึ่งค่าใช้จ่ายจะขึ้นอยู่กับระยะทางแต่ละเส้นทางที่มีการขนส่งสินค้า

2.1.10 ข้อกำหนดการส่งมอบสินค้า (International Commercial Terms)

ข้อกำหนดของการส่งมอบสินค้า หรือเงื่อนไขของการส่งมอบสินค้า (International Commercial Terms: Incoterms) เป็นกำหนดมาตรฐานของการค้า ใช้ในการตกลงสัญญาซื้อขายระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขายที่เป็นสากล เพื่อให้ผู้ซื้อ และผู้ขายทราบถึงขอบเขตความรับผิดชอบภาระค่าใช้จ่ายและความเสี่ยงต่างๆ และช่วยให้ผู้ซื้อและผู้ขายเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน สำหรับข้อกำหนดการส่งมอบสินค้า มีทั้งหมด 11 รูปแบบดังต่อไปนี้ และภาพที่ 2.25 จะแสดงข้อกำหนดการส่งมอบสินค้า



ภาพที่ 2.25 ข้อกำหนดการส่งมอบสินค้า

ที่มา: internationalcommercialterms.guru [10]

2.1.10.1 EXW (EX Works) เงื่อนไขนี้ความรับผิดชอบของผู้ขายจะสิ้นสุดเมื่อขายได้เตรียมสินค้าไว้พร้อมสำหรับส่งมอบให้กับผู้ซื้อ ณ สถานที่ของผู้ขายเอง โดยผู้ซื้อจะต้องรับผิดชอบค่าใช้จ่ายต่างๆ ในการขนส่งสินค้า ไปยังคลังสินค้าของผู้ซื้อเอง

2.1.10.2 FCA (Free Carrier) เงื่อนไขนี้ความรับผิดชอบของผู้ขายจะสิ้นสุดเมื่อผู้ขายได้ส่งมอบสินค้าให้กับผู้รับขนส่งที่ระบุโดยผู้ซื้อ ณ สถานที่ของผู้รับขนส่ง ที่ผู้ขายต้อทำพิธีการส่งออก รับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า และความเสี่ยงภัยระหว่างการขนส่งจากสถานที่ของผู้ขายจนกระทั่งถึงสถานที่ของผู้รับขนส่ง ส่วนค่าใช้จ่ายต่างๆ ในการขนสินค้าและความเสี่ยงภัยต่างๆ ไปยังจุดหมายปลายทางเป็นของผู้ซื้อ

2.1.10.3 FAS (Free Alongside Ship) เงื่อนไขนี้ความรับผิดชอบของผู้ขายจะสิ้นสุดเมื่อผู้ขายได้นำสินค้าไปยังกาบเรือ ณ ท่าเรือต้นทางที่ระบุไว้ ส่วนค่าใช้จ่ายในการนำของขึ้นเรือ ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า ความเสี่ยงภัยในการนำของขึ้นเรือ และระหว่างการขนส่งเป็นภาระของผู้ซื้อในทันทีที่สินค้าถูกส่งมอบไปยังกาบเรือ และผู้ซื้อต้องรับผิดชอบการทำพิธีการส่งออกด้วย

2.1.10.4 FOB (Free On Board) เงื่อนไขนี้ความรับผิดชอบของผู้ขายจะสิ้นสุดเมื่อผู้ขายได้ส่งมอบสินค้าข้ามกาบเรือขึ้นไปบนเรือสินค้า ณ ท่าเรือต้นทางที่ระบุไว้ ผู้ขายเป็นผู้รับผิดชอบทำพิธีการส่งออกด้วย ส่วนค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า และค่าใช้จ่ายอื่นๆ รวมทั้งความเสี่ยงภัยในการขนส่งสินค้าเป็นภาระของผู้ซื้อในทันทีที่สินค้าผ่านกาบเรือไปแล้ว

2.1.10.5 CFR (Cost and Freight) เงื่อนไขนี้ความรับผิดชอบของผู้ขายจะสิ้นสุดเมื่อผู้ขายได้ส่งมอบสินค้าข้ามกาบเรือขึ้นไปบนเรือสินค้า ผู้ขายเป็นผู้รับผิดชอบในพิธีการส่งออก และจ่ายค่าระวางขนส่งสินค้า ส่วนค่าใช้จ่ายอื่นๆ รวมทั้งความเสี่ยงภัยในการขนส่งสินค้าเป็นภาระของผู้ซื้อในทันทีที่ของผ่านกาบระวางเรือไปแล้ว

2.1.10.6 CIF (Cost Insurance and Freight) เงื่อนไขนี้ความรับผิดชอบของผู้ขายจะสิ้นสุดเมื่อผู้ขายได้มอบสินค้าข้ามกาบเรือขึ้นไปบนเรือสินค้า ผู้ขายเป็นผู้รับผิดชอบในพิธีการส่งออก จ่ายค่าระวางเรือ และค่าประกันภัยขนส่งสินค้า เพื่อคุ้มครองความเสี่ยงภัยในการขนส่งสินค้าจนถึงมือผู้ซื้อให้แก่ผู้ซื้อด้วย

2.1.10.7 CPT (Carriage Paid To) เงื่อนไขนี้ความรับผิดชอบของผู้ขายจะสิ้นสุดเมื่อผู้ขายได้ส่งมอบสินค้าให้ผู้รับขนส่งที่ระบุโดยผู้ซื้อ ณ สถานที่ของผู้รับขนส่งสินค้าที่เมืองท่าต้นทาง ผู้ขายเป็นผู้รับผิดชอบในการทำพิธีส่งออก และจ่ายค่าระวางขนส่งสินค้าส่วนค่าใช้จ่ายอื่นๆ รวมทั้งความเสี่ยงภัย ในการขนส่งเป็นภาระของผู้ซื้อในทันทีที่สินค้าถูกส่งมอบให้แก่ผู้รับขนส่งสินค้าที่เมืองท่าต้นทาง

2.1.10.8 CIP (Carriage and Insurance Paid To) เงื่อนไขนี้ความรับผิดชอบของผู้ขายจะสิ้นสุดเมื่อการส่งมอบสินค้าให้ผู้รับขนส่งที่ระบุโดยผู้ซื้อ ณ สถานที่ของผู้รับขนส่งสินค้าที่เมืองท่าต้นทาง ผู้ขายเป็นผู้รับผิดชอบในการทำพิธีการส่งออก จ่ายค่าระวางขนส่งสินค้า และค่าประกันภัยขนส่งสินค้า เพื่อคุ้มครองความเสี่ยงภัยในการขนส่งสินค้าจนถึงมือผู้ซื้อ

2.1.10.9 DAT (Delivered at Terminal) เงื่อนไขนี้ความรับผิดชอบของผู้ขายจะสิ้นสุดเมื่อมีการขนถ่ายสินค้าจากยานพาหนะที่บรรทุก ไปยังที่ที่ผู้ซื้อจัดไว้ ณ อาคารขนถ่ายสินค้า ในท่าเรือหรือปลายทางตามที่ระบุไว้

2.1.10.10 DAP (Delivered at Place) เงื่อนไขนี้ผู้ขายจะต้องรับผิดขอบค่าใช้จ่ายต่างๆ ยกเว้นค่าภาษีและพิธีการนำเข้า และต้องรับความเสี่ยงภัยจนสินค้าถึงจุดหมายปลายทาง

2.1.10.11 DDP (Delivered Duty Paid: Door to Door) เงื่อนไขนี้ความรับผิดชอบของผู้ขายจะสิ้นสุดเมื่อผู้ขายได้จัดให้สินค้า พร้อมส่งมอบ ณ สถานที่ปลายทางของผู้ซื้อซึ่งผู้ขายเป็นผู้รับผิดขอบ การทำพิธีการส่งออก จ่ายค่าระวางสินค้า ค่าประกันภัยขนส่งสินค้า และเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายอื่นๆ รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการนำของลงจากเรือ และค่าขนส่งสินค้าไปยังสถานที่ที่ผู้ซื้อระบุไว้ จนกระทั่งสินค้าพร้อมส่งมอบ ณ สถานที่ปลายทาง ผู้ขายต้องเป็นผู้ดำเนินพิธีการนำเข้าสินค้าแก่ผู้ซื้อและเป็นผู้จ่ายค่า ภาษีนำเข้าแทนผู้ซื้อด้วย

2.2 อ้อยและน้ำตาลทรายและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 พระราชบัญญัติอ้อยและน้ำตาลทราย พ.ศ. 2527

พระราชบัญญัติอ้อยและน้ำตาลทราย พ.ศ. 2527 เป็นกฎหมายที่ดูแลอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย ตั้งแต่การจัดการในไร่อ้อย การผลิตในโรงงานน้ำตาล และการส่งออก รวมไปถึงการแบ่งปันผลประโยชน์ระหว่างชาวไร่อ้อยและโรงงานน้ำตาล โดยรัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม รัฐมนตรีว่าการกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และรัฐมนตรีว่าการกระทรวงพาณิชย์เป็นผู้รักษาการให้เป็นไปตามกฎหมาย

2.2.2 ระเบียบคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย

ตามพระราชบัญญัติอ้อยและน้ำตาลทราย พ.ศ. 2527 หมวดที่ 2 มาตรา 9 ได้มีการจัดตั้งคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล ดังนี้

“ให้มีคณะกรรมการคณะหนึ่งเรียกว่า “คณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย” ประกอบด้วยผู้ซึ่งรัฐมนตรีว่าการกระทรวงเกษตรและสหกรณ์แต่งตั้งจากข้าราชการในกระทรวงเกษตร

และสหกรณ์หนึ่งคน ผู้ซึ่งรัฐมนตรีว่าการกระทรวงพาณิชย์แต่งตั้งจากข้าราชการในกระทรวงพาณิชย์สองคน ผู้ซึ่งรัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมแต่งตั้งจากข้าราชการในกระทรวงอุตสาหกรรมสองคน ผู้แทนชาวไร่อ้อยเก้าคนและผู้แทนโรงงานเจ็ดคน เป็นกรรมการ ให้คณะกรรมการเลือกกรรมการด้วยกันเป็นประธานกรรมการ รองประธาน กรรมการคนที่หนึ่ง และรองประธานกรรมการคนที่สองตำแหน่งละหนึ่งคน ให้เลขาธิการเป็นเลขานุการคณะกรรม”

ซึ่งตามมาตราที่ 10 “ผู้ซึ่งรัฐมนตรีว่าการกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงพาณิชย์ หรือรัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมแต่งตั้งตามมาตรา 9 ต้องไม่เป็นชาวไร่อ้อย กรรมการ ผู้จัดการ หรือพนักงานหรือลูกจ้างของโรงงาน”

โดยคณะกรรมการมีหน้าที่ ตามมาตรา 17 ดังต่อไปนี้

(1) กำหนดแผนการปลูกและผลิตอ้อยและการผลิตน้ำตาลทราย

(2) กำหนดท้องที่ที่เหมาะสมสำหรับการส่งเสริมการปลูกอ้อย

(3) กำหนดพันธุ์อ้อยที่เหมาะสมเพื่อส่งเสริมให้ชาวไร่อ้อยปลูกอ้อยในท้องที่ ที่คณะกรรมการกำหนดตาม (2)

(4) กำหนดระเบียบ หลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขการขอจดทะเบียนและการรับจดทะเบียนสถาบันชาวไร่อ้อย

(5) กำหนดระเบียบว่าด้วยการจดทะเบียนชาวไร่อ้อยและหัวหน้ากลุ่มชาวไร่อ้อย และเพิกถอนการจดทะเบียนหัวหน้ากลุ่มชาวไร่อ้อย

(6) กำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขเกี่ยวกับการดำเนินการของหัวหน้ากลุ่มชาวไร่อ้อย

(7) กำหนดปริมาณอ้อยที่ให้ชาวไร่อ้อยผลิตซึ่งต้องคำนึงถึงพื้นที่ปลูกอ้อยที่จดทะเบียนไว้ตาม (5) และปริมาณผลผลิตโดยเฉลี่ยในสามปีที่ผ่านมา

(8) กำหนดระเบียบว่าด้วยการจัดสรรปริมาณอ้อยให้แก่โรงงาน

(9) กำหนดระเบียบว่าด้วยการส่งเสริมการปลูกอ้อย รวมทั้งการป้องกันควบคุมและการปราบศัตรูอ้อย

(10) กำหนดระเบียบว่าด้วยการตัดและส่งอ้อยให้แก่โรงงาน และการตรวจสอบคุณภาพอ้อย

(11) กำหนดวันเริ่มต้นการหีบอ้อยผลิตน้ำตาลทราย อัตราการหีบอ้อยปกติต่อวันของแต่ละโรงงานและวันสิ้นสุดการหีบอ้อยผลิตน้ำตาลทราย

(12) กำหนดระเบียบว่าด้วยการรับอ้อยจากชาวไร่อ้อยหรือหัวหน้ากลุ่มชาวไร่อ้อย

(13) กำหนดชนิด คุณภาพ และปริมาณน้ำตาลทรายที่ให้โรงงานผลิต

(14) กำหนดระเบียบว่าด้วยการจัดการอ้อยหรือน้ำตาลทรายส่วนที่ผลิตเกินจากปริมาณที่คณะกรรมการกำหนดตาม (7) หรือ (13)

(15) กำหนดระเบียบว่าด้วยการดำเนินการกับโรงงานที่ผลิตน้ำตาลทรายไม่ครบตามปริมาณที่คณะกรรมการกำหนดตาม (13)

(16) กำหนดระเบียบและวิธีการในการจัดการน้ำตาลทรายที่ไม่ได้คุณภาพที่คณะกรรมการกำหนดตาม (13)

(17) กำหนดระเบียบว่าด้วยการผลิต การบรรจุ การเก็บรักษา สถานที่เก็บรักษา การสำรวจ การขนย้าย การส่งมอบน้ำตาลทราย และผลพลอยได้

(18) กำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขการจำหน่ายน้ำตาลทรายเพื่อใช้บริโภคในราชอาณาจักร และกำหนดราคาขายน้ำตาลทรายดังกล่าว

(19) กำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขในการนำเข้าน้ำตาลทรายในกรณีที่เกิดความจำเป็น

(20) กำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขเกี่ยวกับการอนุญาตให้ส่งออกน้ำตาลทราย หลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขดังกล่าวต้องไม่มีลักษณะทำให้บุคคลหนึ่งบุคคลใดเป็นผู้ส่งออกแต่เพียงผู้เดียว

(21) กำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการเกี่ยวกับการคำนวณต้นทุนในการผลิตอ้อยและน้ำตาลทราย

(22) กำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการเกี่ยวกับการจัดทำประมาณการรายได้ การกำหนดและการชำระราคาอ้อยและค่าผลิตน้ำตาลทราย ซึ่งต้องคำนึงถึงต้นทุนการผลิตอ้อยและน้ำตาลทรายและกองทุนที่มีอยู่ด้วย

(23) กำหนดอัตราส่วนของผลตอบแทนระหว่างชาวไร่อ้อยและโรงงาน โดยคำนึงถึงรายได้ที่ได้จากการขายน้ำตาลทรายและผลพลอยได้ทั้งหมด เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการคำนวณราคาอ้อยและค่าผลิตน้ำตาลทราย

(24) กำหนดอัตราค่าธรรมเนียมการวิจัยและส่งเสริมการผลิตอ้อยและน้ำตาลทราย และวิธีการชำระค่าธรรมเนียม ตลอดจนอัตราค่าบำรุงสถาบันชาวไร่อ้อย

(25) กำหนดระเบียบว่าด้วยเบี้ยปรับและเงินรางวัลสำหรับการนำจับผู้ฝ่าฝืนหรือไม่ปฏิบัติตามระเบียบหรือประกาศที่คณะกรรมกำหนด

(26) กำหนดระเบียบว่าด้วยค่าใช้จ่ายในการควบคุมการผลิตอ้อยและน้ำตาลทราย การจำหน่าย การนำเข้าและการส่งออกน้ำตาลทราย

(27) กำหนดระเบียบว่าด้วยการจ้างลูกจ้างโดยใช้เงินกองทุน

(28) กำหนดค่าตอบแทนคณะกรรมการต่างๆ ตามพระราชบัญญัตินี้ นอกจากคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย

(29) ปฏิบัติหน้าที่อื่นตามที่กฎหมายกำหนดหรือที่คณะรัฐมนตรีมอบหมาย

(30) กำหนดระเบียบอื่นใดเพื่อปฏิบัติการให้เป็นไปตามพระราชบัญญัตินี้

ทั้งนี้ การกำหนดตามมาตรา (1) (4) (5) (6) (14) (15) (16) (18) (19) (20) (21) (22) (23) (25) (26) (28) และ (30) ต้องได้รับความเห็นชอบจากคณะรัฐมนตรี

การกำหนดตามมาตรา (2) (3) (7) (8) (9) (10) (11) (12) (13) (17) (24) และ (27) ต้องได้รับความเห็นชอบจากรัฐมนตรี

และการกำหนดตามมาตรา (2) (3) (5) (6) (7) (8) (9) (10) (11) (12) (13) (14) (15) (16) (17) (18) (19) (20) (21) (22) (23) (24) (25) (26) และ (30) ให้ประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ในส่วนของการนำเข้าและส่งออกน้ำตาลทรายที่ระบุไว้ในพระราชบัญญัติอ้อยและน้ำตาลทราย พ.ศ. 2527 ตามมาตรา 47 กล่าวว่า “ห้ามมิให้ผู้ใดนำเข้าน้ำตาลทราย เว้นแต่จะได้รับอนุญาตจากคณะกรรมการ และต้องปฏิบัติตามหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขที่คณะกรรมการกำหนด”

การนำเข้าและส่งออกน้ำตาลทรายนี้ยังเกี่ยวข้องกับมาตรา 48 ที่มีใจความว่า “ผู้ใดจะส่งออกน้ำตาลทรายต้องได้รับอนุญาตจากคณะกรรมและต้องปฏิบัติตามหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขที่คณะกรรมการกำหนด ในกรณีจำเป็นคณะกรรมการจะกำหนดปริมาณ ราคา และระยะเวลาสำหรับการส่งออกด้วยก็ได้ การส่งออกน้ำตาลทรายไม่ต้องเสียค่าธรรมเนียมการส่งออกตามกฎหมายว่าด้วยกองทุนสงเคราะห์เกษตรกร”

2.2.3 ประกาศคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย

คณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย จะเป็นผู้กำหนดชนิดและปริมาณน้ำตาลในแต่ละปีที่ผลิต ว่าน้ำตาลแต่ละชนิดจะต้องผลิตเป็นปริมาณเท่าไร โดยการผลิตน้ำตาล จะแบ่งเป็น 3 ชนิด ได้แก่

1. น้ำตาลทรายโควตา ก. หมายถึง น้ำตาลทรายขาวหรือน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์และน้ำตาลชนิดอื่นๆ ที่คณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายกำหนดให้ผลิตเพื่อใช้บริโภคภายในประเทศจำนวน 26,000,000 กระสอบ

2. น้ำตาลทรายโควตา ข. หมายถึง น้ำตาลทรายดิบ จำนวน 8,000,000 กระสอบ ที่คณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายกำหนดให้ผลิตเพื่อส่งมอบให้บริษัท อ้อยและน้ำตาลไทย จำกัด โดยน้ำตาลทรายดิบ จำนวน 4,000,000 กระสอบ ให้บริษัท อ้อยและน้ำตาลไทย จำกัด เป็นผู้จำหน่ายออกนอกราชอาณาจักร และอีกจำนวน 4,000,000 กระสอบ ให้ขายคืนโรงงาน

3. น้ำตาลทรายโควตา ค. หมายถึง น้ำตาลทรายดิบ น้ำตาลทรายขาว น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ และน้ำตาลชนิดอื่นๆ ที่คณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายกำหนดให้ผลิตสำหรับการส่งออกนอกราชอาณาจักร หรือจำหน่ายเพื่อการอื่นใดภายในประเทศ หรือนำมาซื้อขายระหว่างรัฐต่อรัฐ โดยปริมาณน้ำตาลที่ผลิตในแต่ละปีแยกตามโควตาแสดงดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 แสดงปริมาณที่ผลิตน้ำตาลในแต่ละปี แยกตามโควตา

หน่วย: กระสอบ (100 กิโลกรัม)

ปี	โควตา ก.	โควตา ข.	โควตา ค.
2552/53	21,000,000	8,000,000	47,178,183.00
2553/54	25,000,000	8,000,000	36,121,055,80
2555/56	25,000,000	8,000,000	57,347,334.39
2556/57	25,000,000	8,000,000	81,441,884.41
2557/58	24,000,000	8,000,000	74,333,157.20
2558/59	24,500,000	8,000,000	83,374,461.10
2559/60	26,000,000	8,000,000	68,589,140.25

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล กระทรวงอุตสาหกรรม

ราชกิจจานุเบกษาได้ประกาศการกำหนดมาตรการควบคุมการจำหน่ายน้ำตาลทรายให้แก่ผู้ประกอบกิจการ พ.ศ. 2560 โดยเป็นประกาศที่เกี่ยวข้องกับคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายในเรื่องที่เป็นการสมควรปรับปรุงแก้ไขประกาศคณะกรรมการน้ำตาลทรายเกี่ยวกับการกำหนดมาตรการควบคุมการจำหน่ายน้ำตาลให้แก่ผู้ประกอบกิจการให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นและสอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบัน ดังนี้

ข้อ 1 ให้ยกเลิก

(1) ประกาศคณะกรรมการน้ำตาลทราย เรื่อง กำหนดมาตรการควบคุมการจำหน่ายน้ำตาลทรายให้แก่ผู้ประกอบกิจการ พ.ศ. 2553 ลงวันที่ 5 มีนาคม 2553

(2) ประกาศคณะกรรมการน้ำตาลทราย เรื่อง กำหนดมาตรการควบคุมการจำหน่ายน้ำตาลทรายกรณีผู้ประกอบกิจการมีส่วนต่างของปริมาณน้ำตาลทรายโควตา ค. ที่ใช้สิทธิขนย้ายมาผลิตสินค้าเพื่อการส่งออกกับปริมาณน้ำตาลทรายโควตา ค. ที่แจ้งส่งออกในรูปสิ้นค้า พ.ศ. 2557 ลงวันที่ 16 ธันวาคม 2557

ข้อ 2 ในประกาศฉบับนี้

“น้ำตาลทราย” หมายความว่า น้ำตาลทรายโควตา ค. เฉพาะน้ำตาลทรายขาวหรือน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์

“ผู้ประกอบกิจการ” หมายความว่า ผู้ประกอบกิจการโรงงานผลิตสินค้าที่ใช้น้ำตาลทรายโควตา ค. เฉพาะน้ำตาลทรายขาวหรือน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ เป็นวัตถุดิบในการผลิตสินค้าเพื่อการส่งออกนอกราชอาณาจักรโดยตนเองหรือผู้อื่น

ข้อ 3 ห้ามผู้ประกอบกิจการที่ได้รับสิทธิซื้อน้ำตาลทรายดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่ง เว้นแต่ จะได้รับอนุญาตจากคณะกรรมการน้ำตาลทราย ดังต่อไปนี้

(1) ขอลด ชะลอ หรือยกเลิก การใช้ปริมาณน้ำตาลทรายที่ได้รับสิทธิ

(2) ซื้อน้ำตาลทรายต่ำกว่าร้อยละเจ็ดสิบของปริมาณน้ำตาลทรายที่ได้รับสิทธิในปีนั้น

(3) นำน้ำตาลทรายไปใช้ผิดวัตถุประสงค์ของผู้ประกอบกิจการตามประกาศนี้

การขอลด ชะลอ หรือยกเลิก การใช้ปริมาณน้ำตาลทรายที่ได้รับสิทธิตามข้อ 3 (1) ให้ยื่นขออนุญาตต่อคณะกรรมการน้ำตาลทรายก่อนสินเดือนมิถุนายนของทุกปี ผู้ประกอบการรายใดฝ่าฝืน หรือหลีกเลี่ยงไม่ปฏิบัติตามมาตรการที่กำหนดใน (2) คณะกรรมการน้ำตาลทรายมีอำนาจพิจารณาเพิกถอนสิทธิซื้อน้ำตาลทรายโควตา ค. เป็นเวลาห้าปี นับแต่ปีที่เพิกถอนสิทธิ

ข้อ 4 ผู้ประกอบกิจการที่ขอรับสิทธิซื้อน้ำตาลทรายเพิ่มเติม จะต้องใช้สิทธิซื้อน้ำตาลทรายมากกว่าร้อยละเจ็ดสิบของปริมาณน้ำตาลทรายที่ได้รับสิทธิในช่วงสี่เดือนแรกของปีที่รับสิทธิการขอรับสิทธิเพิ่มเติมตามวรรคหนึ่ง ให้ยื่นขออนุญาตต่อคณะกรรมการน้ำตาลทรายก่อนสิ้นเดือนมิถุนายนของทุกปี

ข้อ 5 ผู้ประกอบกิจการต้องขนย้ายน้ำตาลทรายตามปริมาณน้ำตาลทรายที่ได้รับสิทธิในแต่ละเดือน หากเดือนใดไม่ขนย้ายน้ำตาลทราย คณะกรรการน้ำตาลทรายจะตัดสิทธิที่ได้รับในเดือนนั้น และไม่สามารถนำสิทธิดังกล่าวไปรวมกับเดือนถัดไป

ข้อ 6 ผู้ประกอบกิจการที่ประสงค์จะเพิ่มชนิดสินค้าที่ใช้น้ำตาลทรายในการผลิตให้ยื่นหนังสือขอเพิ่มชนิดสินค้าต่อคณะกรรมการน้ำตาลทรายก่อนสิ้นเดือนมิถุนายนของทุกปี ทั้งนี้ คณะกรรมการน้ำตาลทรายจะพิจารณาอนุญาต โดยคำนึงถึงความเหมาะสมของสถานการณ์การผลิตและการตลาดน้ำตาลทราย ณ ขณะนั้น

ข้อ 7 ให้ผู้ประกอบกิจการแจ้งการส่งออกสินค้าและปริมาณน้ำตาลทรายที่ใช้ในการผลิตสินค้าต่อสำนักงาน ทั้งที่ส่งออกด้วยตนเองและมอบให้ผู้อื่นส่งออกภายในสิ้นเดือนมีนาคมของปีถัดไป และเหตุผลที่มีส่วนต่างตามแบบแจ้งการส่งออกสินค้า ปริมาณน้ำตาลทรายที่ใช้ในการผลิต และส่วนต่างปริมาณน้ำตาลทรายโควตา ค. ที่เกิดขึ้น แนบท้ายประกาศนี้ เพื่อประกอบการพิจารณาส่วนต่างของปริมาณน้ำตาลทรายโควตา ค. ที่ใช้สิทธิขนย้ายมาผลิตสินค้าเพื่อการส่งออก กับปริมาณน้ำตาลทรายโควตา ค. ที่แจ้งส่งออกในรูปสินค้า

ข้อ 8 กรณีที่สำนักงานตรวจพบว่า ผู้ประกอบกิจการมีส่วนต่างของปริมาณน้ำตาลทรายโควตา ค. เฉพาะน้ำตาลทรายขาวหรือน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ที่ใช้สิทธิขนย้ายมาผลิตสินค้าเพื่อการส่งออกกับปริมาณน้ำตาลทรายโควตา ค. เฉาพะน้ำตาลทรายขาวหรือน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ที่แจ้งส่งออกในรูปสินค้า ให้คณะกรรมการน้ำตาลทรายดำเนินการตามลำดับ ดังต่อไปนี้

(1) ในปีที่หนึ่ง ให้ปรับปริมาณน้ำตาลทรายส่วนต่างจากน้ำตาลทรายโควตา ค. เป็นน้ำตาลทรายโควตา ก.

(2) หากผู้ประกอบกิจการมีส่วนต่างของปริมาณน้ำตาลทรายตามวรรคหนึ่งเกิดขึ้นเป็นปีที่สองติดต่อกัน ให้ดำเนินการตาม (1) และให้พิจารณาปรับลดสิทธิตามส่วนต่างของปริมาณน้ำตาลทรายที่เกิดขึ้นในปีถัดไป ทั้งนี้ ห้ามผู้ประกอบกิจการขอรับสิทธิเพิ่มในระหว่างปีที่ถูกปรับลดสิทธิ

(3) หากผู้ประกอบกิจการมีส่วนต่างของปริมาณน้ำตาลทรายตามวรรคหนึ่งเกิดขึ้นเป็นปีที่สามติดต่อก้น ให้ดำเนินการตาม (1) และ (2) และให้พิจารณาเพิกถอนสิทธิในการซื้อน้ำตาลทรายโควตา ค. มีกำหนดห้าปีนับแต่ปีถัดจากปีที่สามที่มีการตรวจพบส่วนต่างของปริมาณน้ำตาลทรายตามวรรคหนึ่ง

ข้อ 9 การนับระยะเวลากรณีมีส่วนต่างของปริมาณน้ำตาลทรายของผู้ประกอบกิจการตามประกาศคณะกรรมการน้ำตาลทราย เรื่องกำหนดมาตรการควบคุมการจำหน่ายน้ำตาลทรายกรณีผู้ประกอบกิจการมีส่วนต่างของปริมาณน้ำตาลทรายโควตา ค. ที่ใช้สิทธิขนย้ายมาผลิตสินค้าเพื่อการส่งออกกับปริมาณน้ำตาลทรายโควตา ค. ที่แจ้งส่งออกในรูปสินค้า พ.ศ. 2557 ลงวันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ. 2557 ให้นับระยะเวลาต่อเนื่อง เมื่อประกาศฉบับนี้มีผลใช้บังคับ

2.2.4 ปริมาณการผลิตน้ำตาลทรายในประเทศไทย

เป็นที่ทราบกันดีว่าอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายของประเทศไทยอยู่ภายใต้พระราชบัญญัติอ้อยและน้ำตาลทราย พ.ศ. 2527 ซึ่งกำหนดให้คณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายควบคุมปริมาณน้ำตาลทรายให้มีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการภายในประเทศ ส่วนที่เหลือจากความต้องการจะได้รับอนุญาตให้ส่งออกได้ ตารางที่ 2.7 แสดงปริมาณการผลิตน้ำตาลทรายในประเทศไทยตั้งแต่ฤดูกาลผลิตปีพุทธศักราช 2549/2550 ถึง 2557/58

ตารางที่ 2.7 ปริมาณการผลิตน้ำตาลทรายในประเทศไทย

หน่วย: กระสอบ (100 กิโลกรัม)

ปี	ปริมาณอ้อยเข้าหีบ		รวมปริมาณอ้อย (ตัน)	น้ำตาลทรายขาว			น้ำตาลทรายดิบ			ชนิดอื่นๆ	น้ำตาลทรายรวม
	อ้อยสด (ตัน)	อ้อยไฟไหม้ (ตัน)		ขาวธรรมดา (กส.)	ขาวบริสุทธิ์ (กส.)	รวม (กส.)	เทกอง (ตัน)	กระสอบ	รวม (กส.)		
2549/50	26,461,899.98	37,335,907.60	63,797,807.58	15,633,986.19	14,927,067.75	30,561,053.94	3,475,451.02	1,732,174.30	36,486,684.46	150,079.53	67,197,817.93
2550/51	43,975,909.46	73,308,342.83	15,831,846.47	16,655,055.95	32,486,902.42	4,352,027.51	2,153,547.65	45,673,822.77	4,719.82	78,165,445.01	43,975,909.46
2551/52	24,212,715.34	42,250,537.46	66,463,252.80	15,520,015.37	17,278,089.95	32,798,105.32	3,784,081.13	1,181,214.83	39,022,026.17	45,633.90	71,865,765.39
2552/53	24,717,347.33	43,767,952.49	68,485,299.82	16,054,577.30	13,864,956.61	29,919,533.91	3,571,238.71	2,853,417.10	38,565,804.24	801,793.10	69,287,131.25
2553/54	31,690,402.07	63,688,526.19	95,358,928.26	19,622,408.19	20,673,045.63	40,295,453.82	5,330,796.76	1,735,305.34	55,043,272.89	1,291,360.01	96,630,086.72
2554/55	33,773,395.71	64,206,294.49	97,979,690.20	16,563,943.65	20,879,337.57	37,443,281.22	6,089,727.66	3,101,498.18	63,998,774.82	1,070,117.29	102,512,173.32
2555/56	34,218,262.49	65,784,252.37	100,002,514.86	14,391,010.40	22,340,675.49	36,731,685.89	5,925,901.08	3,460,538.84	62,719,549.61	790,236.86	100,241,472.36
2556/57	37,923,667.84	65,742,082.63	103,665,750.46	16,850,828.70	22,734,915.94	39,585,744.64	6,644,483.54	5,894,262.00	72,339,097.36	1,404,218.87	113,329,060.87
2557/58	36,910,628.10	69,048,451.35	105,959,079.45	10,892,123.73	21,265,163.92	32,157,287.65	7,797,076.97	1,968,567.36	79,939,337.10	1,294,230.58	113,390,855.33

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล กระทรวงอุตสาหกรรม

2.2.5 คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์น้ำตาล

น้ำตาลทราย หรือ น้ำตาลซูโครส เป็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ผลิตจากอ้อย (Sugar Cane) ในเขตร้อน (ประมาณ 60%) และผลิตจากหัวบีท (Beet Root) ในเขตอบอุ่น (ประมาณ 40%) โดยมีกรรมวิธีการผลิตที่คล้ายกัน คือ การสกัดเอาสารละลายน้ำตาล นำมากรอง ต้มระเหยน้ำออก และสุดท้ายเป็นการตกผลึกได้เป็นก้อนน้ำตาลขนาดเล็ก [17]

อ้อยสดที่ได้รับจากชาวไร่อ้อยทั้งหมดจะถูกนำมาหีบเพื่อสกัดเอาน้ำอ้อยเข้าสู่กระบวนการผลิตจะกระทั่งได้ออกมาเป็นผลิตภัณฑ์น้ำตาล ทั้งนี้ ผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่ผลิตในประเทศไทยมี 3 ประเภทหลักๆ ได้แก่ น้ำตาลทรายดิบ น้ำตาลทรายขาว และน้ำตาลทรายบริสุทธิ์

2.2.5..1 น้ำตาลทรายดิบ (Raw Sugar)

น้ำตาลทรายดิบเป็นน้ำตาลซูโครสที่อยู่ในรูปผลึกที่มีความบริสุทธิ์ต่ำ มีลักษณะเป็นผลึกสีน้ำตาลอ่อนหรือน้ำตาลเข้ม มีความชื้นปานกลาง มีกากน้ำตาลมาก ลักษณะของเกล็ดน้ำตาลจับตัวกันแน่น ไม่ร่วน สามารถผลิตได้จากน้ำอ้อย ประกอบด้วยการหีบอ้อย การแยกสิ่งสกปรกด้วยการตกตะกอน การฟอกสีด้วยปูนขาว น้ำตาลชนิดนี้ไม่ใช่น้ำตาลบริโภค แต่ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ ดังภาพที่ 2.26

ภาพที่ 2.26 น้ำตาลทรายดิบ

ที่มา : เว็บไซต์สยามเคมี

2.2.5.2 น้ำตาลทรายขาว (Plantation or Mill White Sugar)

น้ำตาลทรายขาวเป็นน้ำตาลซูโครสที่อยู่ในรูปผลึก มีสีขาวถึงสีเหลืองอ่อน มีกากน้ำตาล และความชื้นน้อย ลักษณะเกล็ดน้ำตาลจับตัวไม่แน่น มีความร่วนกว่าน้ำตาลทราบดิบ ใช้การฟอกสีน้ำอ้อยด้วยก๊าซ SO_2 หรือ ก๊าซ CO_2 น้ำตาลชนิดนี้นิยมใช้สำหรับอุตสาหกรรมอาหาร น้ำอัดลม รวมถึงจำหน่ายสำหรับใช้ในครัวเรือน

2.2.5.3 น้ำตาลทรายบริสุทธิ์ (Refined sugar)

น้ำตาลทรายบริสุทธิ์ คือ น้ำตาลที่ได้จากกระบวนการเหมือนน้ำตาลทรายขาว แต่จะมีความบริสุทธิ์มากกว่า จะมีสีขาวใส โดยจะถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมที่ต้องการความบริสุทธิ์ของน้ำตาลมาก เช่น อุตสาหกรรมผลิตเครื่องดื่ม น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์นี้เป็นน้ำตาลซูโครสที่อยู่ในรูปผลึกที่มีความบริสุทธิ์สูงมาก มีลักษณะเป็นเกล็ดสีขาวใส มีความสะอาดสูง ไม่มีกากน้ำตาล และมีความชื้นน้อยมากหรือปราศจากความชื้น ภาพที่ 2.27

ภาพที่ 2.27 น้ำตาลทรายขาว และน้ำตาลทรายบริสุทธิ์

ที่มา : เว็บไซต์สยามเคมี

นอกจากนี้ยังมีน้ำตาลประเภทอื่นๆ อีกหลายประเภท ได้แก่ น้ำตาลทรายสีรา (Brown Sugar) น้ำตาลทรายแดง (Soft Brown Sugar) น้ำตาลไอซิ่ง (Icing Sugar) น้ำตาลป่นละเอียด (Caster Sugar) น้ำตาลปอนด์ (Cube Sugar) และน้ำตาลกรวด (Crystalline Sugar)

น้ำตาลทรายสีรา (Brown Sugar) เป็นน้ำตาลทรายขาวชนิดหนึ่งที่มีลักษณะเป็นเกล็ดใส สีน้ำตาลอ่อน มีเกล็ดขนาดเล็ก และมีความชื้นน้อยกว่าน้ำตาลทรายดิบ

น้ำตาลทรายแดง (Soft Brown Sugar) เป็นน้ำตาลที่มีลักษณะเป็นผงละเอียด สีน้ำตาลอ่อนถึงสีน้ำตาลแดง มีกลิ่นน้ำตาลไหม้ เป็นน้ำตาลที่มีความชื้นสูงทำให้ไม่จับตัวเป็นก้อน ขนาดผลึกขึ้นกับปริมาณกากน้ำตาล หากมีกากน้ำตาลมาก สีจะเข้ม ผลึกจะใหญ่ และเกาะกันแน่น ให้รสและกลิ่นแรง บางครั้ง เรียกว่า น้ำตาลดิบ เพราะเป็นน้ำตาลที่ไม่ได้ทำให้บริสุทธิ์ มีการผลิตทั้งในระดับครัวเรือน และระดับอุตสาหกรรม น้ำตาลชนิดนี้ นิยมใช้แทนน้ำตาลทรายขาว เช่น ใช้แทนน้ำตาลทรายอื่นที่มีราคาสูงในการผลิตซีอิ๊ว และใช้ผสมอาหาร

น้ำตาลไอซิ่ง (Icing Sugar) เป็นน้ำตาลที่ได้จากการนำน้ำตาลทรายขาวมาบดจนละเอียด และร่อนผ่านตะแกรงตามขนาดที่ต้องการ พร้อมเติมสารป้องกันการเกาะตัวเป็นก้อน (Anti-Caking Agent) เช่น แป้งมันสาปะหลัง แป้งข้าวจ้าว และซิลิกอนไดออกไซด์ น้ำตาลชนิดนี้ นิยมใช้ทำขนม แต่งหน้าขนม และทำไส้ครีม

น้ำตาลป่นละเอียด (Caster Sugar) เป็นน้ำตาลที่ทำมาจากการป่นน้ำตาลทรายขาวให้ละเอียดจนได้เม็ดน้ำตาลที่คล้ายกับน้ำตาลไอซิ่ง แต่ไม่มีการเติมสารป้องกันการเกาะตัวเท่านั้น มีคุณสมบัติละลายได้ง่าย จึงนิยมใช้ปรุงอาหาร หรือใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ขนม

น้ำตาลปอนด์ (Cube Sugar) ผลิตได้จากการนำน้ำตาลทรายขาวมาบีบอัดให้ได้รูปทรงสี่เหลี่ยม และเป่าด้วยลมเย็นเพื่อให้แข็งตัว มีความชื้นประมาณ 0.5-1.0% เป็นน้ำตาลที่นิยมใช้ผสมน้ำชา กาแฟ

น้ำตาลกรวด (Crystalline Sugar) เป็นน้ำตาลที่ผลิตจากน้ำเชื่อมของอ้อยหรือน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ นำมาละลายน้ำ และทำให้ตกผลึกอย่างช้า ๆ ไม่ฟอกสี มีลักษณะเป็นก้อนคล้ายสารส้ม มีสีขาวใส น้ำตาลชนิดนี้มีรสหวาน นิยมใช้ผสมอาหารที่ต้องการความพิถีพิถัน เช่น ตุ๋นรังนก ตุ๋นยา และทำขนมชนิดต่าง ๆ [18]

2.2.6 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำตาลทราย

2.2.6.1 ความหวานน้ำตาล

ค่าความหวานน้ำตาล เป็นสารให้ความหวานที่มีคุณค่าทางโภชนา และสามารถแปรเปลี่ยนเป็นพลังงานได้ รสหวานของน้ำตาลเกิดจากรสของต่อมรับรสบริเวณปลายลิ้นด้านบน ค่าความหวานของน้ำตาลจะใช้ค่าความหวานของน้ำตาลซูโคสเป็นมาตรฐานเปรียบเทียบกับ

ความหวานของน้ำตาลอื่น ๆ เนื่องจากน้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลที่หวานมากที่สุดในบรรดาน้ำตาลทุกชนิด รองลงมาคือ น้ำตาลกลูโคส มอลโทส และกาแลคโทส

2.2.6.2 การละลายน้ำ

น้ำตาลสามารถละลายได้ดีในน้ำในปริมาณการละลายได้มากถึง 100% ขึ้นกับความเข้มข้น และอุณหภูมิ หากมีความเข้มข้นมากจะละลายได้น้อยลง หากมีอุณหภูมิสูงจะละลายได้มากขึ้นเช่นกัน ซึ่งความสามารถในการละลายน้ำของน้ำตาล เรียงลำดับจากมากไปหาน้อย คือ ฟรุตโทส ซูโครส กลูโคสกับมอลโทส และแลคโทส

2.2.6.3 การให้สารสีน้ำตาลในอาหาร

สารสีน้ำตาลที่มาจากน้ำตาลเป็นรงควัตถุที่เกิดจากการไหม้ของน้ำตาล แต่ไม่ได้ไหม้สนิทจนเกิดสีดำ ซึ่งการทำให้เกิดการไหม้ของน้ำตาลจนมีสีน้ำตาลหรือน้ำตาลอมดำเป็นวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดสีของน้ำตาลสำหรับใช้ผสมหรือผลิตในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น ใช้ผสมซีอิ้วดำ ซอสถั่วเหลือง และน้ำอัดลม เป็นต้น

2.2.6.4 การดูดซับความชื้น

น้ำตาลแต่ละชนิดจะสามารถดูดความชื้นได้แตกต่างกัน น้ำตาลฟรุกโทสเป็นน้ำตาลที่ดูดความชื้นได้ดีที่สุด รองลงมาเป็น น้ำตาลซูโครส มอลโทส และแลคโทส ซึ่งน้ำตาลเมื่อดูดซับความชื้น และเป็นส่วนผสมในอาหารจะทำให้อาหารมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้น การเก็บรักษาความชื้นจากการดูดซับความชื้นของน้ำตาล ช่วยให้อาหารที่มีส่วนผสมของน้ำตาลมีความชุ่มชื้น ไม่แห้งง่าย และสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน

2.2.6.5 การตกผลึก

เมื่อเคี่ยวน้ำเชื่อมให้เข้มข้นอิ่มตัวจนน้ำตาลไม่สามารถละลายได้อีก เรียกว่าสารละลายน้ำเชื่อมที่อิ่มตัว หรือน้ำเชื่อมอิ่มตัว เมื่อทิ้งให้เย็นลงอย่างระมัดระวังโดยไม่ให้ตกผลึก น้ำเชื่อมนี้จะมีน้ำตาลละลายอยู่มากกว่าที่ควรเป็น ณ อุณหภูมินั้นจะเกิดภาวะอิ่มตัวยวดยิ่งและอาจแข็งตัวเป็นแผ่นคล้ายกระจกได้ โดยไม่ตกผลึก แต่น้ำตาลส่วนเกินจะเริ่มตกผลึกเป็นผงละเอียดในภายหลัง เมื่อเก็บไว้นาน ๆ น้ำตาลบางส่วนตกผลึกเป็นผงน้ำตาลละเอียด ตัวอย่างในผลิตภัณฑ์ถั่วกระจกที่มีลักษณะขุ่น ไม่ใส การตกผลึกขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการการทำอาหารที่ต้องการรสหวานจัด เช่น แยม เยลลี่ นิยมใช้ฟรุกโทสเป็นตัวให้ความหวาน ถ้าใช้ซูโครสหรือกลูโคสจะทำให้เกิดผลึกของน้ำตาลเมื่อใช้ในปริมาณมาก ทั้งนี้ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมในเรื่องของการกำหนดมาตรฐาน

ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำตาลทรายได้กำหนดคุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีของน้ำตาลทราย ดังแสดงในตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีของน้ำตาลทราย

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์กำหนด				วิธีทดสอบตาม
		น้ำตาลทรายขาว			น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์	
		ชั้นคุณภาพ 1	ชั้นคุณภาพ 2	ชั้นคุณภาพ 3		
1.	โพลาไรเซชัน(polarisation) สเกลน้ำตาลสากล (°Z) ไม่น้อยกว่า	99.5	99.5	99.0	99.8	ข้อ 8.1
2.	น้ำตาลรีดิวซิง ร้อยละ ไม่เกิน	0.1	0.1	0.2	0.04	ข้อ 8.2
3.	เถ้าคอนดักทิวิตี (conductivity ash) ร้อยละ ไม่เกิน	0.1	0.1	0.1	0.04	ข้อ 8.3
4.	ความชื้น ร้อยละ ไม่เกิน	0.1	0.1	0.1	0.04	ข้อ 8.4
5.	สี (หน่วย ICUMSA) ไม่เกิน	200	400	1 000	45	ข้อ 8.5
6.	สิ่งที่ไม่ละลายน้ำ ร้อยละ ไม่เกิน	0.02	0.02	0.02	0.02	ข้อ 8.6
7.	สารหนู มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่เกิน	1	1	1	1	ข้อ 8.7
8.	ตะกั่ว มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่เกิน	1	1	1	1	ข้อ 8.8

ที่มา : ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (มอก. 56-2552)

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำตาล

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำตาล อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายของไทยมีระดับความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศในระดับสูง ทั้งนี้เพราะการผลิตน้ำตาลนอกจากเพื่อใช้สนองต่อความต้องการบริโภคของประชากรภายในประเทศแล้ว น้ำตาลที่ผลิตได้จากอุตสาหกรรมดังกล่าว ยังเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญและนำมาซึ่งเงินตราต่างประเทศปีละ 80,000 ล้านบาท โดยประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกน้ำตาลทรายรายใหญ่เป็นอันดับสองของโลก ซึ่งอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายจำเป็นต้องมีการพัฒนาปรับปรุงกระบวนการผลิตและกระบวนการวิเคราะห์ทดสอบเพื่อการพัฒนาคุณภาพของน้ำตาลทราย ทั้งนี้การวิเคราะห์และทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ ๓๙๙๔ (พ.ศ.

๒๕๕๒) และข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำตาลทรายมาตรฐานเลขที่ มอก. 56-2552 นั้น ได้กำหนดคุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของน้ำตาลทราย ดังตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำตาลทราย

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์กำหนด				วิธีทดสอบตาม
		น้ำตาลทรายขาว			น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์	
		ชั้นคุณภาพ 1	ชั้นคุณภาพ 2	ชั้นคุณภาพ 3		
1.	โพลาไรเซชัน(polarisation) สเกลน้ำตาลสากล (°Z) ไม่น้อยกว่า	99.5	99.5	99.0	99.8	ข้อ 8.1
2.	น้ำตาลรีดิวซิง ร้อยละ ไม่เกิน	0.1	0.1	0.2	0.04	ข้อ 8.2
3.	เถ้าคอนดักทิวิตี (conductivity ash) ร้อยละ ไม่เกิน	0.1	0.1	0.1	0.04	ข้อ 8.3
4.	ความชื้น ร้อยละ ไม่เกิน	0.1	0.1	0.1	0.04	ข้อ 8.4
5.	สี (หน่วย ICUMSA) ไม่เกิน	200	400	1 000	45	ข้อ 8.5
6.	สิ่งที่ไม่ละลายน้ำ ร้อยละ ไม่เกิน	0.02	0.02	0.02	0.02	ข้อ 8.6
7.	สารหนู มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่เกิน	1	1	1	1	ข้อ 8.7
8.	ตะกั่ว มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่เกิน	1	1	1	1	ข้อ 8.8

ที่มา : ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (มอก. 56-2552)

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำตาลทราย พบว่ามีค่าความชื้น ไม่เกิน 0.02%, ค่าสีเท่ากับ 17 ICUMSA ซึ่งตามกำหนดต้องไม่เกิน 45 ICUMSA, ไม่มีกลิ่น, ค่าโพลาไรเซชั่น (polarization) เท่ากับ 99.95 °Z นอกจากนี้ ยังพบว่า มีค่าน้ำตาลรีดิวซิง 0.01% และน้ำตาลอินเวิร์ต 0.01% สิ่งแปลกปลอมอื่น ๆ ที่ไม่ละลายน้ำ พบว่ามีค่า 2.6 mg/kg. ดังแสดงผลในตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำตาลทราย

Test Items	Method	LOD	LOQ	Results	Spec.	Units
Polarization	ICUMSA GS2/3-1(2011)	-	-	99.95	-	DEGREES
Moisture	ICUMSA GS2/1/3/9-15(2007)	-	-	0.02	-	%
Color	ICUMSA GS9/1/2/3-8(2011)	-	-	17	-	ICUMSA
Conductivity Ash	ICUMSA GS2/3/9-17(2011)	-	-	0.01	-	%
Sedimentation (Insoluble matter)	ICUMSA GS2/3/9-19(2007)	-	-	2.6	-	Mg/kg
Grain size -Grain size (C.V.)	ICUMSA GC2/9-37(2007)	-	-	31.33	-	%
-Grain size (M.A.)		-	-	0.75	-	mm
Sulphur dioxide (SO2)	AOAC Official Methods of Analysis 19th ed., 2012, method 990.28	2.50	-	<10.00	-	Mg/kg
Reducing Sugar	ICUMSA GS2/3/9-5(2011)	-	-	0.010	-	%
Invert Sugar	ICUMSA GS2/3/9-5(2007)	-	-	0.010	-	%
Sulfated Ash	In-house Method base on Office of the cane and sugar board (OCSB), The Ministry of Industry, Thailand	-	-	0.02	-	%
Sensory Evaluation -Taste	Organoleptic Test	-	-	Typically sweet with no off-taste	-	-
-Odor		-	-	No off-Odor	-	-

ที่มา: Intertek Testing Services (Thailand) Ltd. (ผลการวิเคราะห์จากห้องแลป)

นอกจากนี้สารเคมีจำพวกโลหะ เช่น สารหนู ตะกั่ว และทองแดง ผลวิเคราะห์พบว่าไม่พบสารโลหะทั้ง 3 ชนิดนี้ในน้ำตาลทราย ซึ่งการวิเคราะห์ทดสอบถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายนั้นยังสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงระบบการผลิตที่ดีและการรักษามาตรฐานคุณภาพของน้ำตาลทรายไว้ได้ ทั้งนี้คุณภาพของน้ำตาลทรายที่ดีและเป็นไปตามข้อกำหนด จะต้องมีคุณลักษณะ คือ ชนิดน้ำตาลทรายขาว (White Sugar) คือ น้ำตาลทรายที่ถูกนำมาผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์เพื่อลด สิ่งเจอปนในผลึกและผิวของผลึกน้ำตาล โดยกระบวนการหลักของการผลิต น้ำตาลทรายขาวคือ การเคี่ยวเพื่อตกผลึก การปั่น และการอบแห้งเพื่อลดค่าความชื้นก่อนบรรจุกระสอบเพื่อจำหน่าย ลักษณะผลึกน้ำตาลทรายขาวจะมีลักษณะเป็นน้ำตาลซูโครสที่อยู่ในรูปผลึก มีสีขาวถึงเหลืองอ่อน มีกากน้ำตาลและความชื้นน้อย เกล็ดน้ำตาลจับตัวไม่แน่น มีความร่วนกว่าน้ำตาลทราบดิบ ใช้การฟอกสีน้ำอ้อยด้วยก๊าซ SO_2 หรือ ก๊าซ CO_2 น้ำตาลชนิดนี้นิยมใช้สำหรับอุตสาหกรรมอาหาร น้ำอัดลม รวมถึงจำหน่ายสำหรับใช้ในครัวเรือน

ภาพที่ 2.28 ค่ามาตรฐานด้านค่าสีและค่าความชื้นของน้ำตาลทรายขาว

ชนิดน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ (Refined Sugar) คือ น้ำตาลทรายที่ถูกนำมาผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ และกระบวนการต่าง ๆ เช่นเดียวกับน้ำตาลทรายขาว แต่ใช้น้ำเชื่อมบริสุทธิ์ขั้นต้นในการเคี่ยวตกผลึก จึงทำให้ผลึกมีสีขาวใสเป็นน้ำตาลซูโครสที่อยู่ในรูปผลึกที่มีความบริสุทธิ์สูงมาก ไม่มีกากน้ำตาล และมีความชื้นน้อยมากหรือไม่มีความชื้นเลย และไม่มีกลิ่น เป็นน้ำตาลทรายขาวที่วางจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป นิยมใช้ทั้งในอุตสาหกรรมอาหาร และในครัวเรือน ซึ่งตามมาตรฐานจาก CODEX STAN 212-1999 ได้กำหนดค่าความบริสุทธิ์ของน้ำตาลทรายขาวไม่น้อยกว่า 99.7°Z เหมาะกับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรม ที่ต้องการวัตถุดิบที่มีความบริสุทธิ์เป็นพิเศษ เช่น อุตสาหกรรมเครื่องดื่มบำรุงกำลัง และผลิตภัณฑ์ที่จำเป็นต้องเก็บไว้เป็นระยะเวลานาน รวมถึงจำหน่ายสำหรับใช้ในครัวเรือน [19]

ภาพที่ 2.29 ค่ามาตรฐานด้านค่าสีและค่าความชื้นของน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์

ทั้งนี้การตรวจสอบคุณภาพน้ำตาลทรายยังช่วยป้องกันไม่ให้เกิดการปลอมปนของสินค้าน้ำตาลทรายได้ ซึ่งจากการรายงานที่ผ่านมา เมื่อวันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2557 มีการปลอมปนของสินค้าน้ำตาลส่งออกโดยเกิดการลักลอบขโมยสินค้าเพื่อสับเปลี่ยนน้ำตาลภายในโกดังเพื่อทำการส่งออกไปยัง

ท่าเรืออำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี พบว่า โดยระหว่างที่เคลื่อนย้ายน้ำตาลทรายขาวจากโกดังลงเรือประมาณ 10,000 กระสอบ (กระสอบละ 50 กิโลกรัม) มูลค่าประมาณ 1,000 ล้านบาท มีน้ำตาลทรายดิบปะปนอยู่ประมาณ 340 กระสอบ เพื่อนำไปสับเปลี่ยนนำน้ำตาลทรายขาวไปจำหน่าย ทำให้กลุ่มบริษัทผู้จำหน่ายและอุตสาหกรรมน้ำตาลของไทยได้รับความเสียหาย และยังส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจการส่งออกสินค้าน้ำตาลทราย [22] นอกจากนี้ยังมีการายงาน พบว่า มีน้ำตาลทรายเถื่อนระบาดหนัก โดยที่สามารถจับได้กว่า 6.48 พันกระสอบ หลังราคาตลาดโลกลดลง พ่อค้าจึงส่งออกน้ำตาลไปไม่ถึงประเทศเป้าหมาย แล้วเวียนกลับเข้ามาจำหน่ายในประเทศแทน ซึ่งได้ราคาดีกว่า 6-7 บาทต่อกิโลกรัม พบมากที่สุดในจังหวัดปัตตานี โดยการส่งออกทางเรือไปยังประเทศอินโดนีเซีย และใช้จุดพักที่ปีนัง แล้วสะสมไว้จนได้ปริมาณมากพอ จากนั้นจึงขนส่งโดยทางรถยนต์เก็บไว้ในโกดังเพื่อส่งจำหน่ายต่อไป ขณะที่ในจังหวัดสระแก้ว พบประมาณ 1.35 พันกระสอบ โดยมีการแจ้งส่งออกผ่านด่านช่องผักกาดในจังหวัดจันทบุรี มีผู้รับสินค้าปลายทางที่ประเทศกัมพูชาแต่จากการตรวจสอบพบว่าน้ำตาลทรายที่ตรวจพบได้นั้นมีการขนกลับมาโดยรถบรรทุกหรือรถกระบะและนำมาสะสมไว้ตามโกดังชายแดนเพื่อส่งจำหน่ายให้พ่อค้าต่อไป เป็นต้น ทั้งนี้สืบเนื่องจากสถานการณ์ราคาน้ำตาลทรายดิบในตลาดโลกอยู่ในภาวะผันผวนต่อเนื่องมาตั้งแต่ต้นปี 2558 [19]

ภาพที่ 2.30 ปริมาณการส่งออกน้ำตาลทราย ปี 2558

ที่มา : บริษัทอ้อยและน้ำตาลไทย (อนท.)

นอกจากนี้คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำตาลทรายที่สำคัญ คือ การบ่งชี้ถึงชนิดของน้ำตาลที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายขาว โดยการแบ่งชนิดน้ำตาลออกเป็น 4 ชนิด คือ Fructose มีระดับความหวานมากที่สุด ไม่ตกผลึก เก็บความชื้นได้ดี ละลายได้ดีที่สุด, Glucose หวานรองลงมาจาก Sucrose ละลายน้ำได้, Lactose มีระดับความหวานน้อยที่สุด และตกผลึกง่าย และ Sucrose มีระดับความหวานรองลงมาจากFructose ตกผลึกง่าย ซึ่งน้ำตาลซูโครส เป็นน้ำตาลที่พบในพืชทั่วไป เช่น ผลไม้สุก อ้อย และหัวบีท เป็นต้น เมื่อย่อยสลายจะได้น้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรุกโทส หรือที่เรียกกัน คือ น้ำตาลทราย โดยผลการวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ ซึ่งทดสอบชนิดของน้ำตาลโดยวิธีเทคนิคขั้นสูง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) เพื่อทำการแยกชนิดของสารประกอบที่ต้องการความแม่นย่ำสูงในการวิเคราะห์หาชนิดสารต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 11 โดยพบว่า ปริมาณของชนิดน้ำตาลที่พบมากที่สุด คือ น้ำตาลชนิดซูโครส สูงถึง 67.59 mg/kg

ตารางที่ 2.11 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำตาลทราย (ต่อ)

Test Items	Method	LOD	LOQ	Results	Spec.	Units
Total Sugar	In-house method: TM-LC-132 based on AOAC Official Method of Analysis 19th ed.,2012,method 982.14					
-Glucose		0.50	-	Not detected	-	Mg/kg
-Sucrose		0.50	-	67.59	-	Mg/kg
-Fructose		0.50	-	Not detected	-	Mg/kg
-Maltose		0.50	-	Not detected	-	Mg/kg
-Lactose		0.50	-	Not detected	-	Mg/kg
Copper (Cu)	In-house method based on ICUMSA method GS2/3-24, 1998	0.10	-	Not detected	-	Mg/kg
Lead (Pb)	In-house method based on ICUMSA method GS2/3-24, 1998	0.10	-	Not detected	-	Mg/kg
Arsenic (As)	In-house method based on ICUMSA method GS2/3-23, 2005	0.02	-	Not detected	-	Mg/kg

ที่มา: Intertek Testing Services (Thailand) Ltd. (ผลการวิเคราะห์จากห้องแลป)

ทั้งนี้สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย กระทรวงอุตสาหกรรม เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบ โดยตรงในการสนับสนุนอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย ได้พิจารณาเห็นว่า การพัฒนาระบบคุณภาพห้องปฏิบัติการด้านการวิเคราะห์อ้อยและน้ำตาลทรายมีความสำคัญและเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง จึงมีความประสงค์ที่จะให้เกิดความร่วมมือระหว่างหน่วยงาน เพื่อการแลกเปลี่ยนความรู้ความสามารถและประสบการณ์เกี่ยวกับระบบคุณภาพของห้องปฏิบัติการด้านการวิเคราะห์ เพื่อ

สนับสนุนการพัฒนาและรักษาไว้ซึ่งระบบคุณภาพการทดสอบอ้อยและน้ำตาลทรายให้ได้มาตรฐานสากล รวมทั้งรายงานผลการทดสอบคุณภาพอ้อยและน้ำตาลทรายมีความถูกต้องแม่นยำ ให้เป็นมาตรฐานเดียวกันทั้งประเทศ ทำให้เกิดความเชื่อมั่น ลดปัญหาข้อขัดแย้งและเพิ่มขีดความสามารถในการผลิต และการแข่งขันในเวทีการค้าระดับสากล โดยมีวัตถุประสงค์หลัก 3 ประการ ได้แก่ (1) การยกระดับคุณภาพห้องปฏิบัติการวิเคราะห์และทดสอบคุณภาพอ้อยและน้ำตาลทรายของทั้งภาครัฐและภาคเอกชน ให้เป็นไปตามข้อกำหนด ISO/IEC 17025:2005 (2) การพัฒนาการวิเคราะห์คุณภาพอ้อยและน้ำตาลทรายได้มาตรฐานสากลเป็นที่ยอมรับของทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง และ (3) การพัฒนาห้องปฏิบัติการวิเคราะห์และทดสอบคุณภาพอ้อยและน้ำตาลทรายของสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายให้เป็นห้องปฏิบัติการอ้างอิงของประเทศ ที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด ISO/IEC 17025:2005, ISO Guide 34 และ ISO Guide 43 [20]

2.2.7 บรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งของผลิตภัณฑ์น้ำตาล

เป็นการจัดการเพื่อป้องกันตัวสินค้าจากความเสียหายและอำนวยความสะดวกในการจัดเก็บ เคลื่อนย้าย และการขนส่ง การออกแบบบรรจุภัณฑ์นั้นต้องมีความเหมาะสมกับอุปกรณ์การขนย้ายและคลังสินค้า เพื่อช่วยในการลดต้นทุนด้านวัตถุดิบและช่วยรักษาคุณค่าของอาหาร และทำหน้าที่ในการรักษาคุณภาพของอาหาร ทั้งนี้ตัวบรรจุภัณฑ์จะต้องไม่เป็นสาเหตุที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมคุณค่าหรือด้อยคุณภาพลง กล่าวคือ ตัวบรรจุภัณฑ์เองไม่ไปทำปฏิกิริยากับผลิตภัณฑ์อาหาร นอกจากนี้บรรจุภัณฑ์อาหารโดยเฉพาะพลาสติกต้องทำหน้าที่ช่วยเก็บกลิ่นของผลิตภัณฑ์อาหารไว้ กลิ่นที่เปลี่ยนแปลงอาจจะเกิดจากสิ่งแปลกปลอมจากบรรยากาศซึมผ่านผิวของบรรจุภัณฑ์เข้าไปทำปฏิกิริยา หรืออาจจะเกิดจากกลิ่นที่อยู่ในอาหารถูกดูดซึมโดยบรรจุภัณฑ์ หรือกลิ่นซึมผ่านออกสู่บรรยากาศภายนอก

2.2.7.1_การปกป้องเชิงรับ หมายถึง บรรจุภัณฑ์ที่ทำหน้าที่ใส่อาหารเพียงอย่างเดียว ทำหน้าที่เป็นตัวกั้นผลิตภัณฑ์ไม่ให้สัมผัสกับบรรยากาศภายนอก บรรจุภัณฑ์จะทำหน้าที่เป็นกลไกในการปกป้องผลิตภัณฑ์จากสิ่งเหล่านี้

2.2.7.2 การป้องกันทางกายภาพ ผลิตภัณฑ์อาหารต้องได้รับการปกป้องจากภัยอันตราย ดังต่อไปนี้

- การรั่ว การหลุดรอดของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการขนส่งและการเก็บรักษาเป็นสิ่งที่ไม่ควรเกิดขึ้น ปรากฏการณ์เช่นนี้ดูเหมือนว่าจะเกิดจากการปิดผนึกที่ไม่แข็งแรงพอที่จะรองรับแรงกระแทกหรือแรงดันทะลุระหว่างการส่ง อีกตัวอย่างที่เห็นได้ชัดในแถบประเทศเขตร้อน ก็คือ การทำลายบรรจุภัณฑ์ที่เกิดจากการชอนไชของแมลงทำให้เกิดความเสียหายต่อผลิตภัณฑ์ในเวลาต่อมา

- การซึมผ่านวัสดุ ปรากฏการณ์ซึมผ่านของผลิตภัณฑ์อาจเกิดขึ้นได้ทั้งในสถานะของเหลวหรือในสภาวะที่เป็นก๊าซ ในกรณีของเหลวที่สภาวะการรั่วซึมส่วนมาก จะพบเห็นที่รอยปิดผนึกของถุงพลาสติกทั่วๆ ไป เนื่องจากวัสดุบรรจุภัณฑ์เกือบทั้งหมดยกเว้นรอยเชื่อมของกระป๋องหรือฝาขวดแก้วจะมีรูพรุนเพียงพอที่ก๊าซจะผ่านได้ หากมองในแง่การซึมผ่านของก๊าซบรรจุภัณฑ์ทำหน้าที่ใน 2 ลักษณะ คือ

1. ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซจากภายนอกสู่ภายในบรรจุภัณฑ์ อันได้แก่ การเกิดการเหม็นหืนของผลิตภัณฑ์จากการซึมผ่านของออกซิเจนที่เข้า ไปทำปฏิกิริยาและกลิ่นจากภายนอกปนเปื้อนกับกลิ่นของอาหาร ในสภาวะแวดล้อมที่เต็มไปด้วยกลิ่นหลากหลาย เช่น กลิ่นควัน กลิ่นน้ำมัน ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับคุณสมบัติของอาหารได้จากการซึมผ่านเข้าไปในบรรจุภัณฑ์

2. ป้องกันการถ่ายเทจากภายในสู่ภายนอกบรรจุภัณฑ์โดยการป้องกันการสูญเสียกลิ่นของผลิตภัณฑ์ ลดการระเหยของน้ำ หลีกเลี่ยงการรั่วซึมของก๊าซที่บรรจุไว้เพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์

โดยพื้นฐานของบทบาทบรรจุภัณฑ์ที่กล่าวมาแล้ว การปิดผนึกเพื่อป้องการรั่วซึมจำเป็นต้องเลือกใช้วัสดุที่ทำบรรจุภัณฑ์จากวัตถุดิบหลายชนิด สิ่งที่ควรคำนึงถึง คือ 1) ชนิดของผลิตภัณฑ์ 2) วิธีการในการเก็บรักษาและระดับของอุณหภูมิที่เหมาะสม 3) ความเสี่ยงต่อมลภาวะ 4) อายุการเก็บที่ต้องการ

2.2.7.3 การถ่ายเทพลังงาน มีพลังงานอย่างน้อย 2 ประเภทที่สามารถถ่ายเทผ่านบรรจุภัณฑ์เข้าไปถึงผลิตภัณฑ์ได้ คือ แสงและความร้อน พลังงานทั้ง 2 ประเภทนี้อาจก่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีและเร่งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์ได้เร็วขึ้น อาทิเช่น แสง ผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิดมีความไวต่อแสงซึ่งก่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีและส่งผลให้สีของผลิตภัณฑ์อาหารซีดลง สูญเสียวิตามิน และเกิดการแปรสภาพของกรดอะมิโน ความ

ร้อน การส่งผ่านของความร้อนเกิดขึ้นได้ในรูปแบบของการแผ่รังสี การนำพาความร้อน และการเหนี่ยวนำความร้อน การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความเสี่ยงต่อความร้อนสูงจำต้องควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ระหว่างการเก็บรักษา และการจัดจำหน่าย

การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมกับประเภทอาหาร ปัจจัยอันดับแรกที่ต้องพิจารณา คือ 1) คุณลักษณะของตัวผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น เป็นอาหารสดหรือเป็นอาหารที่ได้รับการแปรรูปแล้ว 2) รูปแบบของบรรจุภัณฑ์ที่จะหาได้ด้วยต้นทุนที่เหมาะสมกับสภาวะตลาด พร้อมทั้งสามารถรักษาคุณภาพของอาหารได้ตามอายุการเก็บรักษา (Shelf Life) ที่ต้องการ ปัจจัยภายนอกที่จะต้องคำนึงถึง คือ เทคนิคในการบรรจุ สภาวะการขนส่ง และการจัดเก็บ สำหรับปัจจัยที่สำคัญประการสุดท้าย คือ ช่องทางการจัดจำหน่าย หรือวิธีการ เช่น ขายตามซุปเปอร์มาร์เก็ต หรือขายตามตลาดสด เป็นต้น [21]

ระบบภาชนะบรรจุเพื่อการขนส่ง จากการศึกษารูปแบบของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้สำหรับการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลด้วยรถบรรทุก มีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 2.12

ตารางที่ 2.12 ระบบภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง

ระบบภาชนะบรรจุภัณฑ์	**รายละเอียด**
วัสดุบรรจุภัณฑ์	กล่องกระดาษพื้นสีน้ำตาล
ชนิดวัสดุที่ใช้ผลิต	กระดาษคราฟสีน้ำตาลเรียงลอน 5 ชั้น (ชนิดผิวเรียบ KI/ทำลอนลูกฟูก CA)
ขนาดมิติบรรจุภัณฑ์	ขนาดกว้าง 22-24 ซม. ยาว 37-39 ซม. สูง 27.5-28.5 ซม.
น้ำหนักสุทธิในการบรรจุ (Net Weight)	ขนาด 1 กก. X 20 ถุง/กล่อง
จำนวนชั้นของการวางเรียงซ้อนในการขนส่ง	-
ระบบภาชนะบรรจุภัณฑ์	**รายละเอียด**
วัสดุบรรจุภัณฑ์	กระสอบพื้นสีขาว
ชนิดวัสดุที่ใช้ผลิต	โพลิเอทิลีน, โพลิโพรพิลีน
ขนาดมิติบรรจุภัณฑ์	ขนาดกว้าง 47.5 ซม. ยาว 76. (+ -1 ซม.)
น้ำหนักสุทธิในการบรรจุ (Net Weight)	25.26-25.28 กิโลกรัม
จำนวนชั้นของการวางเรียงซ้อนในการขนส่ง	-

ตารางที่ 2.12 ระบบภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง (ต่อ)

ระบบภาชนะบรรจุภัณฑ์	**รายละเอียด**
วัสดุบรรจุภัณฑ์	ถุงพลาสติกใสสีชา
ชนิดวัสดุที่ใช้ผลิต	โพลิโพรพิลีน
ขนาดมิติบรรจุภัณฑ์	ขนาดกว้าง 10.3 ซม. ยาว 25.5 ซม. ส่วนพับข้าง 2.5 ซม. (+ -0.2 ซม.)
น้ำหนักสุทธิในการบรรจุ (Net Weight)	1007-1009 กรัม
จำนวนชั้นของการวางเรียงซ้อนในการขนส่ง	5 ชั้น/กล่อง

2.2.8 ชนิดของบรรจุภัณฑ์

2.2.8.1 บรรจุภัณฑ์จากพลาสติก ปัจจุบันบรรจุภัณฑ์จากพลาสติกมีบทบาทต่อการบรรจุหีบห่อผลิตผลทางเกษตรและผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก ซึ่งบรรจุภัณฑ์จากพลาสติกจะมีหลายรูปแบบที่สามารถรองรับการบรรจุได้หลากหลายชนิดสินค้า รวมทั้งการใช้ทั้งในรูปแบบของบรรจุภัณฑ์สำหรับการบรรจุ การขนส่ง การขายส่ง หรือสำหรับการขายปลีก โดยส่วนใหญ่บรรจุภัณฑ์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายจะเป็นบรรจุภัณฑ์พลาสติกประเภทที่อ่อนตัว (Flexible) ได้แก่ ฟิล์ม ถุง อาจทำมาจากพลาสติกล้วนๆ โดยที่อาจเป็นพลาสติกชั้นเดียวหรือชนิดเดียว หรือหลายชั้น หลายชนิด หรืออาจร่วมกับวัสดุอื่นๆ เช่น กระดาษ อลูมีเนียม เป็นต้น

ถุงพลาสติก เป็นบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากพลาสติกที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมากที่สุดในอุตสาหกรรม เนื่องจากปัจจุบันมีการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยในการผลิตฟิล์มพลาสติกสำหรับทำเป็นถุงที่หลากหลายชนิดมากมาย ซึ่งแต่ละชนิดมีคุณภาพแตกต่างกันไปทำให้สามารถที่จะเลือกใช้ชนิดของฟิล์มพลาสติกให้เหมาะสมกับประเภทการใช้งาน และสินค้าที่ต้องการบรรจุ

2.2.8.2 บรรจุภัณฑ์จากกระดาษ กระดาษเป็นวัสดุอีกชนิดหนึ่งที่มีการนำมาใช้เป็นบรรจุภัณฑ์โดยเฉพาะสินค้าหรือผลิตผลทางเกษตร ซึ่งในประเทศอุตสาหกรรมชั้นนำของโลก เช่น สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น อังกฤษ พบว่า กระดาษเป็นวัสดุที่นำมาทำเป็นบรรจุภัณฑ์ในสัดส่วนที่สูงเมื่อเทียบกับการใช้วัสดุชนิดอื่นๆ (อ้างจาก มยุรี, 2540)

2.2.8.3 กล่องกระดาษลูกฟูก เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ในการใช้บรรจุสินค้า เพื่อการจัดส่งสินค้าแทบทุกชนิด ซึ่งทำให้กล่องกระดาษลูกฟูกได้รับความนิยมในการใช้เพื่อบรรจุสินค้า เนื่องจาก

- สามารถป้องกันสินค้าไม่ให้เกิดความเสียดาย
- สามารถพิมพ์ลวดลายเพื่อความสวยงาม อีกทั้งเพื่อแสดงข้อมูลของสินค้า
- วัตถุดิบมีหลากหลายชนิด และมีทดแทนได้
- น้ำหนักเบา และสามารถเก็บในลักษณะที่พับแบนได้
- ไม่ทำลายสภาพแวดล้อม
- ไม่มีปัญหาในการจัดการจัดภาชนะหลังการใช้งาน สามารถนำมาหมุนเวียนได้
- ต้นทุนต่ำเมื่อเทียบกับบรรจุภัณฑ์ประเภทอื่น
- ซึ่งกระดาษลูกฟูกสามารถทนต่อแรงกดทั้งด้านบนด้านข้าง รวมถึงมีการทดสอบความต้านทานแรงดันทะลุ สามารถนำมาเรียงซ้อนกันได้
- สามารถออกแบบรูปแบบได้หลากหลายชนิด และยังสามารถนำมาพิมพ์ให้มีสีสันลวดลายตามแบบที่ต้องการได้
- กระดาษลูกฟูกไม่มีการใช้วัสดุมีพิษในการผลิตกระดาษ หรือทำลายสภาพแวดล้อม

โดยคุณสมบัติของกล่องกระดาษลูกฟูกมีดังต่อไปนี้

1. การต้านแรงกดลอนลูกฟูก (Flat Crush Resistance)หมายถึงความสามารถของลูกฟูกในแผ่นกระดาษลูกฟูกที่จะต้านแรงกดบนลอนลูกฟูก ในแนวราบจนลอนเสียรูป มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อรารางเซนติเมตร (kgf/cm^2) หรือเป็นกิโลปาสคาล (kPa) ค่าที่ได้มีความสัมพันธ์กับความหนาของแผ่นกระดาลูกฟูก และความสามารถในการป้องกันการกระแทก (Cushioning Ability) ของกล่องกระดาษลูกฟูก

2. การต้านแรงกดตามแนวตั้ง คือ ความสามารถของแผ่นกระดาษลูกฟูกที่จะต้านแรงกด เมื่อกระทำในทิศทางเดียวกับลูกฟูก (แนวตั้ง) จนกระทั่งชิ้นทดสอบยุบตัว มีหน่วยเป็นนิวตันต่อเมตร (N/m) การทดสอบนี้มีความสำคัญต่อแผ่นกระดาษลูกฟูกมากเพราะเป็นค่าที่

บอกถึงความแข็ง แรงของแผ่นกระดาษลูกฟูก ซึ่งสัมพันธ์โดยตรงกับความแข็งแรงในการเรียงซ้อนของกล่องกระดาษลูกฟูก หรือ ค่าการรับแรงกดของกล่อง

3. การต้านแรงทิ่มทะลุ คือ ความสามารถของแผ่นกระดาษลูกฟูกที่จะต้านแรงทิ่มทะลุ มีหน่วยเป็นจูน (J) คุณสมบัตินี้มีความสัมพันธ์กับความเหนียว และการต้านแรงฉีกขาดของแผ่นกระดาษลูกฟูก เพระเป็นค่าของความต้านทานต่อความเสียหายทางกล (Mechanical Shock) จากภายนอกโดยตรง

4. การต้านแรงกดของกล่อง คือ ความสามารถของกล่องในการต้านแรงกดที่กระทำบนกล่องด้วยอัตราความเร็วสม่ำเสมอ จนกล่องยุบเสียรูป มีหน่วยเป็น นิวตัน (N) หรือ กิโลกรัมแรง (kgf) คุณสมบัตินี้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความแข็งแรงของกล่องในการเรียง ซ้อน แต่ค่าที่ได้ไม่ได้บอกถึงน้ำหนักในการเรียงซ้อนเพราะในทางปฏิบัติ จำเป็นต้องมีตัวคูณเพื่อความปลอดภัย (Safety Factor) ที่เกี่ยวข้อง อันได้แก่ ความชื้นในสภาวะอากาศ ระยะเวลาในการเก็บ รูปแบบในการเรียงซ้อนและลักษณะการขนถ่าย

5. การต้านแรงกระแทก เมื่อตก คือ ความสามารถของกล่อง (และสินค้า) ในการต้นแรงกระแทกกับพื้นเมื่อปล่อยให้ตกจากที่สูง จุดประสงค์ของการทดสอบนี้ เพื่อดูความแข็งแรงของกล่อง ในการป้องกันสินค้ามิให้เสียหาย เมื่อมีการตกหล่นในระหว่างการขนถ่ายและขนส่งรายงานผลเป็นจำนวนครั้ง ที่กล่องเริ่มยุบเสียหาย และลักษณะการเสียหาย

6. การต้านแรงสั่นสะเทือน คือ การสั่นสะเทือนเกิดขึ้นกับภาชนะบรรจุสินค้าได้หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับชนิดของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งและปัจจัยอื่น ๆ จุดประสงค์ของการทดสอบนี้ เพื่อประเมินความแข็งแรงของภาชนะบรรจุ วิธีการบรรจุสินค้ารวมทั้งดูความเหมาะสมของวัสดุกันกระแทก ตลอดจนการปิดภาชนะบรรจุว่าสามารถป้องกันความเสียหายเนื่องจากการสั่นสะเทือนได้อย่างไร

7. การต้านแรงกระแทกบนพื้นเอียง คือ ความสมารถของภาชนะบรรจุ (มักใช้กับกล่อง) ในการต้านแรงกระแทกกับแผ่นกั้น เมื่อปล่อยให้ตกไปตามพื้นเอียงที่ทำมุม 10 องศา กับแนวราบ การทดสอบนี้ มีจุดประสงค์เพื่อดูว่าภาชนะบรรจุสามารถป้องกันสินค้าได้เพียงไรเมื่อมีการกระแทกบนพื้นเอียง ซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างการขนถ่ายและขนส่ง

สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของกล่องกระดาษลูกฟูกมีดังนี้

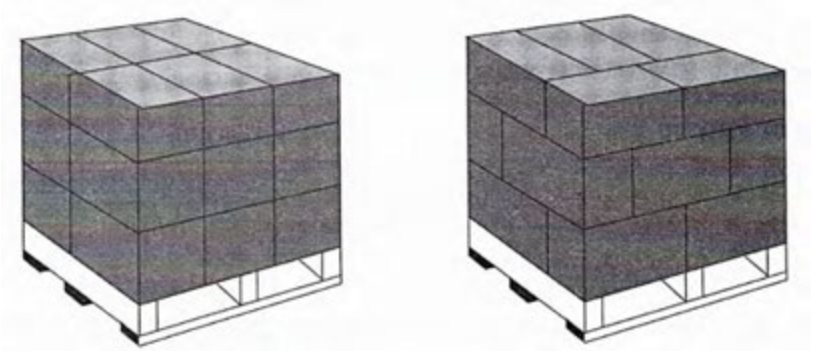
1. ความชื้นในอากาศ ปกติกระดาษจะมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นจามปริมาณความชื้นของบรรยากาศรอบๆ ถ้ากระดาษมีความชื้นสูงส่งผลทำให้ความแข็งแรงลดลง มีการรายงานว่า ถ้าบรรยากาศรอบๆ มีความชื้นเพิ่มขึ้นจาก 50% เป็น 95% กล่องกระดาษลูกฟูกจะมีค่าต้านทานแรงกดที่ลดลงจากเดิม 60%

2. ระยะเวลาในการเก็บรักษากล่อง หากการเก็บรักษากล่องที่นานขึ้นจะทำให้ค่าต้านทานแรงกดของกล่องกระดาษลดลง จากการายงาน กล่องกระดาษลูกฟูกที่บรรจุสินค้าแล้วรักษาไว้นาน 30 วัน ค่าต้านทานแรงกดของกล่องลดลง 20%

3. รูปแบบของการวางเรียงซ้อน รูปแบบการวางเรียงแบบซ้อนกันหลายๆ ชั้นของกล่องที่มากเกินไปจะมีผลต่อค่าต้านทานแรงกดของกล่อง ได้มีรายงาน ว่าการวางซ้อนแบบเรียงขนานมีผลทำให้กล่องยังคงความแข็งแรงมากกว่าการวางซ้อนแบบไขว้ และการวางบนแท่นรองรับสินค้าจะทำให้กล่องมีความแข็งแรงมากกว่าวางบนพื้น

4. จำนวนครั้งในการขนย้าย การขนย้ายกล่องกระดาบ่อยครั้ง จะทำให้ความแข็งแรงในการรับแรงกดของกล่องลดลงได้ มีการายงานว่า การขนย้ายกล่องกระดาษ 2 ครั้ง ค่าต้านทานแรงกดของกล่องลดลง 5% และหากมีการเคลื่อนย้ายกล่อง 10 ครั้ง ค่าต้านทานแรงกดทับของกล่องลดลง 36%

5. นอกจากนี้ ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อคุณภาพของกล่องกระดาษลูกฟูกได้ เช่น การดูแลรักษากล่องเปล่า ลักษณะหรือรูปแบบการขนย้ายกล่อง เป็นต้น



(A) การวางเรียงแบบขนาน (B) การวางเรียงแบบ

ภาพที่ 2.31 รูปแบบการวางเรียงซ้อนกล่องกระดาษ

ที่มา : การพัฒนาโครงสร้างบรรจุภัณฑ์[21]

จากการเก็บข้อมูลชนิดและรูปแบบของวัสดุบรรจุภัณฑ์ในการขนส่งสินค้าน้ำตาลทรายจากโรงงาน พบว่า จะใช้วัสดุ 3 รูปแบบหลัก คือ แบบกล่องกระดาษลูกฟูก แบบกระสอบพลาสติก และแบบถุงพลาสติก ซึ่งการใช้บรรจุภัณฑ์แบบกล่องกระดาษลูกฟูกนั้นเป็นนิยมใช้เพื่อบรรจุผลิตผลทางการเกษตร เช่น ผักและ ผลไม้สด และได้เริ่มมีการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาและปรับปรุงอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งกล่องบรรจุผลไม้สดเพื่อการส่งออก เพื่อให้เหมาะสมกับผักและผลไม้แต่ละชนิด เช่น กล่องบรรจุมะม่วง มะละกอ ทุเรียน มังคุด ลำไย ลิ้นจี่ เงาะ เป็นต้นและถูกนำมาพัฒนาใช้บรรจุสินค้าอื่น ๆ ทำให้สะดวกแก่ การลำเลียง ขนส่ง การเก็บในคลังสินค้า การรักษาคุณภาพสินค้า และความสวยงามเมื่อวางขาย ทั้งในซุปเปอร์มาร์เก็ตและตลาดทั่วไป ทำให้เป็นที่รู้จักและยอมรับในตลาดต่างประเทศมากขึ้นอย่างรวดเร็ว

ทั้งนี้กระดาษลูกฟูกเป็นกระดาษที่ประกอบด้วยแผ่นเรียบ 2 ด้านติดกาวประกบไว้กับกระดาษลูกฟูก (Corrugated Paper) จะเป็นชั้นเดียว 2 ชั้น หรือ 3 ชั้น คุณสมบัติทั่ว ๆ ไปจะคล้ายกับกล่องกระดาษแข็ง คือ ราคาถูก มีความสามารถรับน้ำหนักได้มากกว่ากล่องกระดาษแข็ง และสามารถพิมพ์สีหรือรูปภาพต่าง ๆ ให้สวยงามได้ เพื่อดึงดูดใจผู้บริโภคอีกทั้งกล่องกระดาษลูกฟูกมีน้ำหนักเบาจึงสามารถออกแบบให้มีขนาดรูปทรงและมีความแข็งแรงได้ตามต้องการ นอกจากนี้แนวโน้มการใช้บรรจุภัณฑ์กระดาษของผู้ผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้มีการเปลี่ยนแปลงทั้งในด้านรูปแบบบรรจุภัณฑ์และรูปแบบผลิตภัณฑ์

สำหรับการเปลี่ยนแปลงรูปแบบบรรจุภัณฑ์นั้นเกิดจากการที่สินค้าที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เช่น โทรทัศน์ขนาดใหญ่ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในสำนักงาน ฯลฯ เริ่มนิยมใช้กล่องพับแข็งปะลอนแทนการใช้กล่องลูกฟูกมากขึ้น เนื่องจากมีความสวยงามกว่ากล่องลูกฟูก ในขณะที่มีความแข็งแรงเช่นเดียวกับกล่องลูกฟูก ทำให้สามารถใช้เป็นบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งได้อีกด้วย สำหรับการเปลี่ยนแปลงรูปแบบผลิตภัณฑ์นั้นเกิดจากการพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ของผู้ผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้า และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น การรวมการทำงานของเครื่องถ่ายเอกสาร-ปริ้นเตอร์และโทรสารไว้ในเครื่องเดียวกัน (Multi-function) เป็นต้น ซึ่งทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีขนาดใหญ่ขึ้น จึงส่งผลให้ต้องการบรรจุภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น

ภาพที่ 2.32 ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์กล่องกระดาษลูกฟูก
ที่มา: โรงงานน้ำตาลพิษณุโลก

แนวโน้มการใช้บรรจุภัณฑ์กระดาษในช่วงหลายปีที่ผ่านมานั้น กระแสการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมได้ขยายตัวเพิ่มมากขึ้นไปทั่วโลก ส่งผลให้บรรจุภัณฑ์กระดาษซึ่งผลิตมาจากพืชที่ง่ายต่อการย่อยสลายเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และสามารถนำกระดาษเก่ากลับมาใช้ได้อีก (Recycle) ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นแทนที่บรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายยาก ซึ่งจากรายงานของกรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ ระบุว่าสัดส่วนการบริโภคบรรจุภัณฑ์กระดาษ ซึ่งได้แก่ กล่องกระดาษ และถุงกระดาษ ในประเทศไทยคิดเป็นประมาณร้อยละ 40 ของปริมาณการบริโภคบรรจุภัณฑ์ทั้งหมดในปัจจุบัน[22] ซึ่งในแง่ของพฤติกรรมการบริโภค พบว่า แนวโน้มการบริโภคบรรจุภัณฑ์กระดาษนั้นมีวัตถุประสงค์ในการใช้เพื่อความสะดวกในการขนส่ง เพื่อเก็บรักษาสินค้า เพื่อความสวยงามและเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้า

ปัจจุบันผู้ผลิตสินค้าโดยเฉพาะอย่างยิ่งสินค้าในระดับกลาง (Mid-end) และระดับบน (Hi-end) มุ่งเน้นการใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีความสวยงามเพื่อเป็นการเสริมภาพลักษณ์ของสินค้าให้ดูดี และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าของตนด้วย เนื่องจากบรรจุภัณฑ์ที่สวยงามจะช่วยดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค และก่อให้เกิดความประทับใจซึ่งทำให้เกิดความต้องการแก่ผู้พบเห็น นอกจากนี้ยังมีการนำตราสินค้า (Branding) มาเป็นสื่อโฆษณาถึงสรรพคุณ ข้อดีของสินค้า บ่งบอกถึงชื่อเสียงของผู้ผลิต และคุณสมบัติของสินค้า ณ จุดขาย ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้ความต้องการในการบริโภคบรรจุภัณฑ์กระดาษมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น

สำหรับบรรจุภัณฑ์แบบพลาสติกนั้นมีมากมายหลายชนิด พลาสติกที่ใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์นิยมใช้พลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติก ซึ่งพลาสติกประเภทนี้สามารถหลอมเหลว เมื่อได้รับความร้อนและความดันเพียงพอ และแข็งตัวเมื่อเย็น นอกจากนี้ยังสามารถนำกลับมาใช้ ใหม่ได้อีก[23] ทั้งนี้พลาสติกมีคุณสมบัติที่ดีจึงทำให้ได้รับความนิยมอย่างมาก คือ มีน้ำหนักเบา ไม่นำความร้อน ไม่นำไฟฟ้า มีความเหนี่ยวและยืดหยุ่นได้ตามรูปทรง ราคาไม่แพง สามารถป้องกันการซึมผ่านของอากาศ น้ำ ไขมัน สามารถทนต่อความร้อนหรือความเย็น และสามารถใช้ร่วมกับวัสดุบรรจุภัณฑ์อื่น ๆ ได้ดี โดยชนิดขอพลาสติกที่นิยมใช้ ดังนี้

ถุงพลาสติก กระสอบพลาสติก

ภาพที่ 2.33 ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์พลาสติก

ที่มา: โรงงานน้ำตาลพิษณุโลก

โพลิเอทิลีน (Polyethylene หรือ PE) เป็นพลาสติกที่มีการใช้มากที่สุด เนื่องจากมีราคาถูก ซึ่งพลาสติกชนิดนี้จะแบ่งเป็น 2 ประเภท ตามความหนาแน่น คือ โพลิเอทิลีนชนิดความหนานแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene หรือ LDPE) เป็นพลาสติกที่นิยมนำมาใช้มากที่สุดในการผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์เพื่อบรรจุสินค้า มีลักษณะใส นิ่ม ยืดหยุ่น โดยสินค้าที่นิยมใช้บรรจุ คือ ถุงใส่อาหารแช่เย็น ถุงใส่ขนมปัง ถุงใส่ข้าวสาร กระสอบพลาสติก เป็นต้น ซึ่งมีคุณสมบัติเด่น คือ น้ำหนักเบา ความมันเงางาม หรือโปร่งใส ยืดหยุ่นสูง ต้านทานการฉีกขาดสูง ทนต่อกรดและด่างได้ดี อีกทั้งขึ้นรูปได้ง่าย

โพลิเอทิลีนชนิดความหนานแน่นสูง (High Density Polyethylene หรือ HDPE) เป็นพลาสติกที่มีความแข็งแรงกว่า แบบ LDPE โดยสินค้าที่นิยมใช้บรรจุ คือ ผลิตเป็นขวดนม ลังบรรจุสินค้า ถุงใส่ผลิตภัณฑ์เกษตร ขวดเคมีภัณฑ์ เป็นต้น มีคุณสมบัติ คือ น้ำหนักเบา มีสีขุ่น หรือทึบแสง มี

ความแข็งแรง ทนต่อแรงอัดได้สูง ทนต่อกรดและด่างได้ดี สามารถกันน้ำและความชื้นได้ดี ราคาถูก อีกทั้งขึ้นรูปได้ง่าย

โพลิโพรพิลีน (Polypropylene หรือ PP) หรือที่นิยมเรียกกันว่า ถุงร้อน เพราะสามารถ ใช้งานได้ที่อุณหภูมิสูง และกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี รูปแบบที่นิยมใช้คือ ถุงร้อน ฟิล์มใส ห่อหุ้มอาหาร เพื่อป้องกันอากาศเข้า กล่องบรรจุอาหาร ขวดเครื่องสำอาง แก้วกาแฟ เป็นต้น เนื่องจากมีคุณสมบัติเด่น คือ มีน้ำหนักเบา มีความมันเงามาก หรือโปร่งใส มีความยืดหยุ่นสูง สามารถนำมาต้มเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้ ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี ทนต่อกรดและด่างได้ดี อีกทั้งขึ้นรูปเป็นรูปทรงบรรจุภัณฑ์ได้ง่าย

2.2.9 การวิเคราะห์คุณสมบัติของวัสดุ และบรรจุภัณฑ์

คุณสมบัติของตัวบรรจุภัณฑ์มีความสำคัญอย่างมากที่ควรต้องมีการวิเคราะห์และทดสอบก่อนการนำไปใช้งานในการบรรจุผลิตภัณฑ์ หรือสินค้าต่างๆ ซึ่งคุณสมบัติที่ควรวิเคราะห์ ดังนี้

2.2.9.1 การต้านแรงกด (Compression Strength) คือ ความสามารถของบรรจุภัณฑ์ในการต้านทานแรงกดทับที่กระทำด้วยอัตราเร็วที่คงที่อย่างสม่ำเสมอจนเกิดการเสียรูปทรงหรือรูปร่างที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการขนส่งสินค้า มีหน่วยเป็นนิวตันหรือกิโลกรัมแรง ซึ่งเป็นค่าที่มีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงในการวางซ้อน แต่ในทางปฏิบัติจริงจะต้องมี safe factor ต่างๆ เช่น ความชื้นในอากาศ ระยะเวลาในการเก็บ รูปแบบในการวางซ้อน และรูปแบบในการขนส่งสินค้ามาคิดคำนวณด้วยในการทดสอบเพื่อให้เกิดความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวนี้ ยังมีความสำคัญมากต่อการออกแบบบรรจุภัณฑ์ให้มีความแข็งแรงเพื่อสำหรับการขนส่งสินค้า เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ คือ เครื่องกด

ภาพที่ 2.34 การทดสอบการต้านแรงกด

ที่มา : http://www.hslcartons.co.th/knowledge/

2.2.9.2 การต้านแรงสั่นสะเทือน (Vibration Resistance) เป็นการประเมินความแข็งแรงของบรรจุภัณฑ์ และวิธีการบรรจุสินค้า ตลอดจนความเหมาะสมของวัสดุป้องกันการกระแทกและการปิดบรรจุภัณฑ์ว่าสามารถป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดกับผลิตภัณฑ์หรือสินค้าได้เพียงใด โดยทดสอบทั้งแนวตั้งและแนวนอน ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ คือ เครื่องทดสอบการสั่นสะเทือน

ภาพที่ 2.35 การทดสอบแรงสั่นสะเทือน

ที่มา : http://www.foodnetworksolution.com/news_and_articles/article/0134/

การทดสอบวัสดุและบรรจุภัณฑ์ ตอนที่ 3

1. การต้านแรงตกกระแทก (Drop Resistance) เป็นการทดสอบความสามารถของบรรจุภัณฑ์และตัวสินค้าที่จะทนทานต่อการกระแทกจากที่สูงลงสู่พื้น เพื่อสังเกตว่าเมื่อบรรจุภัณฑ์ตกจากที่สูงในระหว่างการขนส่งจะทำให้เกิดความเสียหายต่อผลิตภัณฑ์มากน้อยเพียงใด เครื่องมือที่ใช้ทดสอบ คือ เครื่องตก ซึ่งมีหลายชั้น ขั้นอยู่กับขนาดและน้ำหนักของบรรจุภัณฑ์ รวมทั้งความสูงในการตกกระแทก เช่น แบบโต๊ะ หรือแบบขอเกี่ยวอัตโนมัติ

ภาพที่ 2.36 เครื่องทดสอบการต้านแรงตกกระแทก

ที่มา : AstroInstrument Measuring Instruments and Testing Technology[24]

2. การต้านแรงกระแทกบนพื้นเอียง (Incline Impact Resistance) คือ การทดสอบความสามารถของกระดาษในการต้านแรงกระแทกกับแผ่นกั้น โดยจะปล่อยให้กล่องไหลตกไปตามแนวพื้นเอียง 10 องศากับแนวนอน เพื่อสังเกตว่า หากมีการกระแทก บนพื้นเอียง ซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างการขนถ่ายและขนส่งจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลิตภัณฑ์หรือสินค้าได้หรือไม่ หรือมากน้อยเพียงใด ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ คือ เครื่องกระแทกบนพื้นเอียง (Incline Impact Tester)

3. การใช้กล่องหกเหลี่ยมที่หมุนได้ (Hexagonal Revolving Drum Test) เครื่องมือที่ใช้ทดสอบมีลักษณะคล้ายกล่องที่หมุนได้เป็นหกเหลี่ยม โดยใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีสินค้าบรรจุอยู่ภายในปะทะกับแผ่นกั้นภายในกล่อง แผ่นกั้นนี้จะทำให้ภาชนะบรรจุตกกระแทกตามจุดต่าง ๆ การทดสอบนี้ใช้ประเมินความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับภาชนะบรรจุในระหว่างการขนส่งและขนถ่ายสินค้าที่ขาดความระมัดระวัง ความเหมาะสมในการเลือกใช้วัสดุกันกระแทกในการบรรจุสินค้า รวมทั้งการตรวจคุณภาพของรอยต่อของกล่องบรรจุภัณฑ์ด้วย[25]

2.2.10 บรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งต่อการกระจายสินค้า และระบบโลจิสติกส์

บรรจุภัณฑ์ขนส่งมีหน้าที่เพื่อการกระจายสินค้าในระบบโลจิสติกส์ตั้งแต่การขนย้ายวัตถุดิบจนกระทั่งถึงสินค้าสำเร็จรูป ซึ่งค่าใช้จ่ายบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งที่เกี่ยวข้อง 2 ส่วนที่สำคัญ คือ ค่าใช้จ่ายของตัวบรรจุภัณฑ์และค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการจัดส่งสินค้า ในการขนส่งต้องคำนึงถึงสภาวะสิ่งแวดล้อมที่เป็นอันตรายต่อสินค้าและบรรจุภัณฑ์ขนส่ง แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ อันตรายทางกายภาพและอันตรายทางภูมิอากาศ

การพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งจะต้องไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อผลิตภัณฑ์หรือสินค้านั้นๆ หากบรรจุภัณฑ์มีสมรรถนะต่ำจะก่อให้เกิดความเสียหาย และบรรจุภัณฑ์มีสมรรถนะที่สูงจะทำให้เกิดต้นทุนที่สูงตามเช่นกัน จึงจำเป็นที่จะต้องทำการวิเคราะห์ถึงประสิทธิภาพและคุณภาพของตัวบรรจุภัณฑ์เพื่อนำมาพิจารณาเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์และเป็นการรวมบรรจุภัณฑ์ให้เป็นหน่วยในการขนส่งจะทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันสินค้าโดยรวมได้ ซึ่งความมั่นคงของหน่วยขนส่งต้องมีความแข็งแรง การจัดวางบรรจุภัณฑ์ต้องป้องกันการตกหล่น โดยอาจจะใช้อุปกรณ์เสริมช่วยในการจัดเรียงของหน่วยขนส่ง บรรจุภัณฑ์ขนส่งต่อการกระจายสินค้าจากโรงงานไปยังผู้บริโภค ต้องพิจารณาอันตรายที่จะเกิดขึ้นในระหว่างการขนส่ง ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ อันตรายทางกายภาพก่อให้เกิดความเสียหายในการขนส่งสินค้า และอันตรายจากสภาพภูมิอากาศในระหว่างการขนส่ง[26]

2.2.10.1 ความสำคัญของบรรจุภัณฑ์ขนส่งต่อการกระจายสินค้าและระบบโลจิสติกส์ บทบาทที่สำคัญของโลจิสติกส์จะเกี่ยวข้องกับกิจกรรมของการเคลื่อนย้าย จัดเก็บ และการกระจายสินค้าจากแหล่งผลิตไปจนถึงผู้บริโภคขั้นสุดท้าย ภายใต้การจำกัดของเงื่อนไขเวลาที่จะส่งมอบสินค้าแบบทันเวลา (Just in Time) และต้นทุนรวม (Total Cost) ที่สามารถแข่งขันได้ ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีความสอดคล้องกับบทบาทและหน้าที่ของบรรจุภัณฑ์ ทั้งนี้การค้าในปัจจุบันมีการแข่งขันกันอย่างมาก บรรจุภัณฑ์จึงมีบทบาทสำคัญต่อการส่งเสริมทางการตลาด โดยเน้นเรื่องความสวยงาม ความสะดุดตาและการดึงดูดความสนใจของผู้บริโภคให้ตัดสินใจในการเลือกซื้อสินค้า สำหรับหน้าที่ของบรรจุภัณฑ์ด้านโลจิสติกส์ จะคำนึงถึง ผู้บริโภคคนสุดท้ายน้อยมาก แต่จะเน้นด้านความสะดวกต่อการทำงานและต้นทุน จะสังเกตเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงบรรจุภัณฑ์จะกระทำได้บ่อยๆ โดยไม่กระทบถึงลูกค้า โดยสามารถปรับเปลี่ยนวัสดุ ลดขนาด หรือเพิ่มขนาดได้ทันที[27]

- ประเภทของบรรจุภัณฑ์โลจิสติกส์ บรรจุภัณฑ์อาจจำแนกออกตามวัตถุประสงค์ของการบรรจุ บรรจุภัณฑ์มีความสำคัญที่สุดสำหรับสินค้าสะดวกซื้อ (Convenience Goods) จะเห็นได้ว่าสินค้าที่วางขายตามห้างสรรพสินค้าทุกประเภทจะต้องมีการบรรจุภัณฑ์โดยเฉพาะสินค้าที่ต้องมีความระมัดระวังเป็นพิเศษ เช่น อุปกรณ์ราคาแพง ซึ่งต้องมีการออกแบบมาโดยเฉพาะเพื่อให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ และมีมาตรฐานความปลอดภัยจนถึงมือผู้บริโภค เพื่อให้สะดวกทั้ง ผู้บริโภคและผู้ผลิต แต่สำหรับประเภทของบรรจุภัณฑ์ตามการใช้ในงานโลจิสติกส์
- ปัญหาบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง บรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งเป็นบรรจุภัณฑ์เพื่อบรรจุสินค้าสำหรับการจัดส่งสินค้าจากแหล่งผลิตไปยังแหล่งอื่นๆ เช่นการส่งต่อไปยังโรงงานอื่น สถานที่จัดเก็บ แหล่งจำหน่าย เป็นต้น ปัญหาบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งที่พบ ได้แก่ บรรจุภัณฑ์ไม่กะทัดรัด ทำให้เสียค่าระวางสูง บรรจุภัณฑ์ไม่แข็งแรง ทนทาน ทำให้สินค้าแตกหักง่าย หรือบรรจุภัณฑ์ใช้วัสดุน้ำหนักมาก ทำให้ต้นทุนค่าขนส่งสูง หากบรรจุภัณฑ์นั้นไม่สามารถใช้งานได้เต็มที่เท่าที่ควร จะก่อให้เกิดความเสียหายรวมในการลงทุนได้จนกลายเป็นการเพิ่มต้นทุนโดยไม่จำเป็น ดังนั้น การออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง นักออกแบบจะต้องวิเคราะห์ลักษณะที่เหมาะสมของบรรจุภัณฑ์สำหรับสินค้า[15]

2.2.10.2 แนวทางการพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งให้มีประสิทธิภาพ ระบบกระจายสินค้าสมัยใหม่ บรรจุภัณฑ์ขนส่งจะจัดส่งสินค้าเป็นระบบประกอบด้วยบรรจุภัณฑ์ขนส่งหลายๆ ชั้นเรียงบนแท่งรองรับสินค้าหรือพาเลท ดังภาพที่ 2.35 บรรจุภัณฑ์ขนส่งที่ดีจะมีคุณสมบัติช่วยป้องกันและเอื้ออำนวยความสะดวกในการจัดส่ง ซึ่งบรรจุภัณฑ์ขนส่งแต่ละชั้นจะออกแบบให้มีความสามารถป้องกันสินค้าได้ในระดับหนึ่ง เมื่อจับมารวมกลุ่มขึ้นมาเป็นหน่วยขนส่ง (Unit Load) จะทำหน้าที่ป้องกันสินค้าโดยรวมของบรรจุภัณฑ์ได้ดีมากยิ่งขึ้น จากภาพจะเห็นว่าการที่บรรจุภัณฑ์ขนส่งแต่ละหน่วยจะจัดเรียงบนแท่งรองรับให้ได้พอดีจะแปรตามขนาดของสินค้าที่ออกแบบ โดยวิธีการเรียงสินค้าในบรรจุภัณฑ์ จำนวนของสินค้าต่อหน่วย พร้อมทั้งแปรตามวิธีการเรียงของบรรจุภัณฑ์ขนส่งบนแท่นรองรับสินค้าเพื่อใช้พื้นที่บนแท่นรองรับให้มากที่สุด นอกจากนี้ยังคงต้องคำนึงถึงการเรียงที่มีผลต่อความสามารถรับแรงของบรรจุภัณฑ์ขนส่ง ด้วยเหตุนี้การเปลี่ยนแปลงของสินค้าเพียงเล็กน้อยจะส่งผลต่อประสิทธิผลของการจัดส่งสินค้าทั้งระบบและต้นทุนในการจัดส่ง

บรรจุภัณฑ์ชั้นใน (ปฐมภูมิ) **บรรจุภัณฑ์ชั้นที่สอง (ปฐมทุติยภูมิ)** **บรรจุภัณฑ์ขนส่ง**

หน่วยขนส่ง

ภาพที่ 2.37 บรรจุภัณฑ์ในระบบการขนส่งสินค้า

ที่มา : http://www.sasidis.com/mcontents/marticle.php?Ntype=1&id=2590

การพัฒนาบรรจุภัณฑ์อย่างเป็นระบบนั้นไม่ควรละเลยบรรจุภัณฑ์ขนส่งในขั้นตอนการพัฒนาสินค้า ซึ่งตอนเริ่มแนวคิดพัฒนาสินค้าใหม่จำเป็นต้องคำนึงถึงบรรจุภัณฑ์ที่นำส่งไปถึงมือผู้บริโภค พร้อมทั้งพิจารณาถึงพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง เช่น ความจำเป็นต้องใช้พาหนพที่พิเศษหรือไม่ต่อการขนส่ง การจัดส่งโดยผ่านบริษัทรับขนส่ง วิธีการขนส่งแบบไหน เป็นต้น ซึ่งระบบการจัดส่งที่แตกต่างกันทำให้ต้องเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ขนส่งที่มีระดับการป้องกันที่แตกต่างกันด้วย เป็นต้น [26]การจัดการบรรจุภัณฑ์ เป็นสิ่งที่สำคัญอย่างหนึ่งในระบบโลจิสติกส์และเป็นหนึ่งสิ่งที่สร้างมูลค่าเพิ่มทางการตลาดให้กับสินค้า (Value of Goods in the Market) เพราะเป็นภาพลักษณ์ของสินค้าที่ผู้บริโภคได้สัมผัส และมีบทบาทในการชี้ขาดการตัดสินใจของผู้บริโภคต่อสินค้า อีกทั้งยังทำหน้าที่ปกป้องให้สินค้าให้ถึงมือผู้บริโภคปลายทางอย่างปลอดภัย โดยสอดคล้องกับวิธีหรือกระบวนการในการจัดส่งและการกระจายสินค้า ดังนั้น แนวทางการจัดการบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งให้มีประสิทธิภาพ มีดังนี้

■ การเลือกวัสดุบรรจุภัณฑ์ (Packaging Materials) การเลือกวัสดุและวิธีการบรรจุภัณฑ์ให้เหมาะกับผลิตภัณฑ์ ต้องอาศัยความรู้และพิจารณาข้อมูลตลอดจนปัจจัยต่างๆ ซึ่งต้องพิจารณามีความคุ้มทุน หรือความเป็นไปได้ในระบบการผลิตและจัดจำหน่าย ปัจจัยในการพิจารณาเลือกใช้วัสดุและบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ สภาพทางการตลาดและข้อจำกัดต่างๆ ธรรมชาติ ลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ สภาพการลำเลียง การขนส่ง การเก็บรักษา วิธีการบรรจุผลิตภัณฑ์ และการจัดหาวัสดุบรรจุ ปัจจุบันวัสดุหลักๆ ที่ใช้ผลิตบรรจุภัณฑ์ประเภทต่างๆ แบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ กระดาษ พลาสติก โลหะ และแก้ว ซึ่งแต่ละประเภทมีลักษณะเฉพาะที่โดดเด่นแตกต่างกันออกไป การเลือกวัสดุไปใช้จึงต้องคำนึงถึงสินค้าที่อยู่ภายในด้วยลักษณะของบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมกับสินค้านั้น ต้องสอดคล้องกับลักษณะของสินค้าที่บรรจุลงในบรรจุภัณฑ์ ว่ามีลักษณะเป็น น้ำ ครีม ผง เม็ด ก้อน แผ่น บางกรอบ ก๊าซ หรือลักษณะอื่นๆ ซึ่งอาจช่วยให้สินค้าสามารถอยู่ในสภาพที่ต้องการได้โดยไม่แตกหักเสียหาย และเน่าเสียก่อนเวลาที่กำหนดไว้

■ การป้องกันสินค้ามิให้สูญหายและเสียหายระหว่างการขนส่ง บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมจะช่วยป้องกันสินค้าไม่ให้เสียหายในระหว่างการขนส่ง ทั้งนี้ ผู้ผลิตสินค้าควรเรียนรู้เกี่ยวกับการบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม เช่น เลือกใช้ภาชนะบรรจุที่แข็งแรงทนทานต่อการกดทับ และกระทบกระแทกในระหว่างการขนส่ง ใช้วัสดุที่มีคุณภาพซึ่งสามารถป้องกันความชื้นและก๊าซออกซิเจนได้ มีวิธีการบรรจุสินค้าที่ไม่แน่นหรือหลวมเกินไป หรือใช้วัสดุเสริมภายในภาชนะบรรจุ เพื่อป้องกันการเสียดสีหรือกระแทก และการใช้อุปกรณ์ช่วยในการขนย้าย อย่างมีประสิทธิภาพก็สามารถช่วยลดปัญหาสินค้าเสียหายได้ รวมทั้งฉลาก เอกสารอ้างอิงต่างๆ และเทคโนโลยีที่ใช้ติดตามสินค้าระหว่างการขนส่งเช่น GPS (Global Positioning System) และ RFID (Radio Frequently Identify Detection) ก็เป็นสิ่งที่สำคัญที่ช่วยไม่ให้สินค้าสูญหายได้เช่นกัน

■ บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม (Eco Packaging) การออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมจะลดปัญหาจากขยะบรรจุภัณฑ์ การสิ้นเปลืองทรัพยากร การนำบรรจุภัณฑ์มาใช้ซ้ำหรือการนำกลับมาแปรรูปใหม่ จะทำให้ระบบการผลิตมีการนำทรัพยากรเหลือใช้มาทำประโยชน์ได้ เช่น การแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารในโรงงานผลิตอาหารกระป๋อง จะมีส่วนที่เหลือทิ้ง ซึ่งมากพอมาทำประโยชน์ในการทำวัตถุผลพลอยได้อื่นๆ เช่น ปุ๋ย อาหารสัตว์ เป็นต้น

■ การใช้เทคโนโลยีในการบรรจุภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์เป็นปัจจัยที่สำคัญในการจัดการการนำสินค้าจากแหล่งผลิตสู่มือ ผู้บริโภคในคุณภาพซึ่งเป็นที่ยอมรับได้ การบรรจุภัณฑ์จึงมีความสัมพันธ์

กับขั้นตอนต่างๆ ตั้งแต่การเตรียมสินค้า การบรรจุ การลำเลียงและขนส่ง จนถึงการตลาด เช่น การใช้บาร์โค้ด (barcode), ระบบRFID (Radio Frequency Identification) เป็นระบบระบุลักษณะของวัตถุด้วยคลื่นความถี่วิทยุโดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแทนการสัมผัสทางกายภาพ เป็นการเอาคลื่นวิทยุมาเป็นคลื่นพาหะ เพื่อใช้ในการสื่อสารข้อมูล[15]

บทที่ 3 ระเบียบวิธีการวิจัย

เพื่อให้การดำเนินงานวิจัย ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ จึงมีองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับระเบียบวิธีดำเนินงานวิจัยดังต่อไปนี้ วิธีดำเนินงานวิจัย เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย แหล่งที่มาของข้อมูล วิธีการเก็บข้อมูล วิธีการแก้ปัญหา และวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล ดังแสดงในภาพที่ 3.1

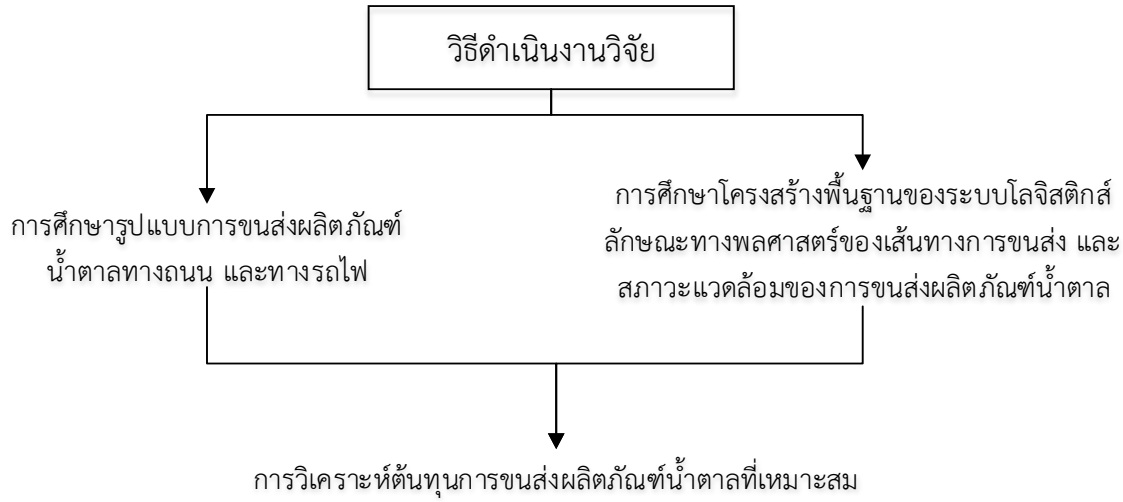
ภาพที่ 3.1 แสดงองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับระเบียบวิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 วิธีดำเนินงานวิจัย

สำหรับองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับระเบียบวิธีดำเนินงานวิจัย จะประกอบไปด้วยวิธีดำเนินงานวิจัย เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย แหล่งข้อมูล วิธีการเก็บข้อมูล วิธีการแก้ปัญหา และวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

วิธีดำเนินงานวิจัย ผู้วิจัยได้แบ่งออกเป็นสองส่วน ในส่วนแรกจะเป็น การศึกษารูปแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลทางถนน และทางรถไฟ และส่วนที่สอง คือ การศึกษาโครงสร้างพื้นฐานของ

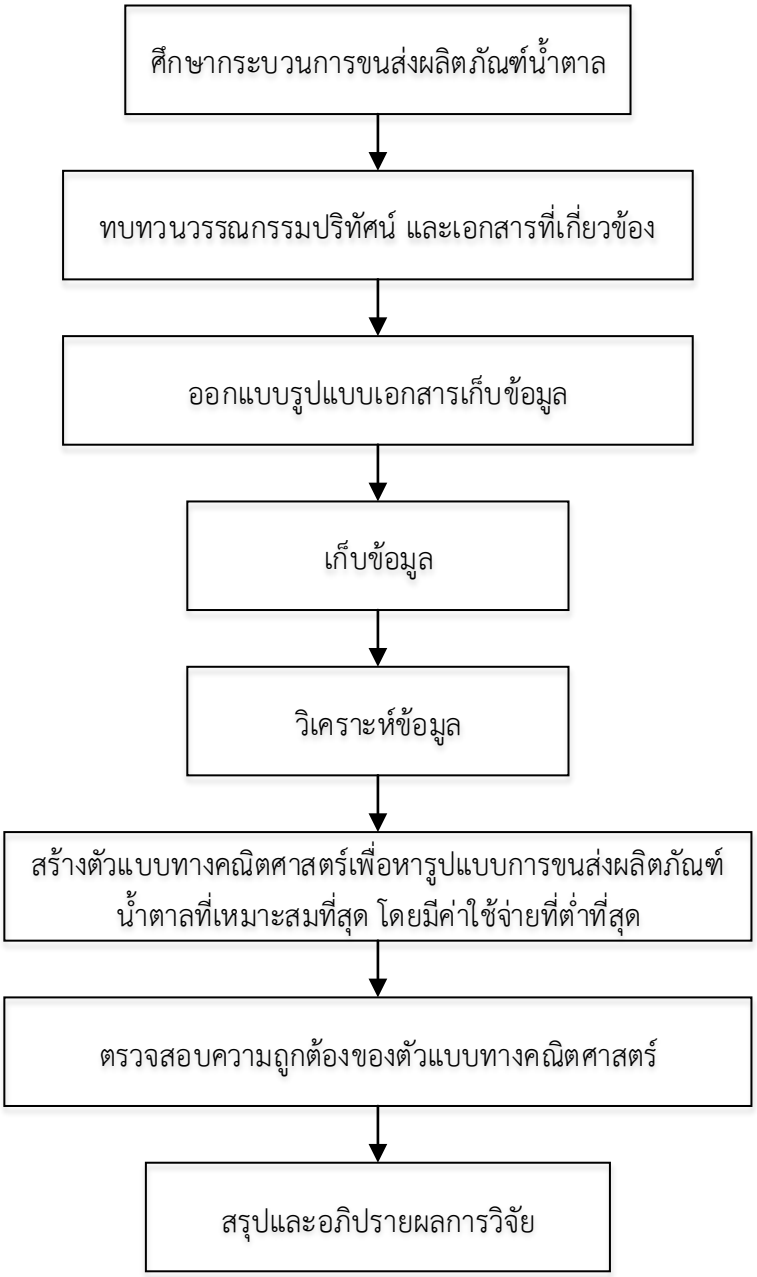
ระบบโลจิสติกส์ ลักษณะทางพลศาสตร์ของเส้นทางการขนส่ง และสภาวะแวดล้อมของการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล ดังแสดงในภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1.1 การศึกษารูปแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลทางถนน และทางรถไฟ

ในส่วนของการศึกษารูปแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลทางถนน และทางรถไฟ ผู้วิจัยจะเริ่มจากการศึกษากระบวนการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล ทบทวนวรรณกรรม และเอกสารที่เกี่ยวข้อง เพื่อจัดทำรายการข้อมูลที่ใช้ในการทำวิจัย หลังจากนั้นจะเริ่มเก็บข้อมูล เมื่อได้ข้อมูลมาแล้วจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูล หลังจากนั้นผู้วิจัยจะสร้าง สมการทางคณิตศาสตร์เพื่อหารูปแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่เหมาะสมที่สุด โดยมีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด ทำการตรวจสอบความถูกต้อง และสรุปผลการดำเนินงานวิจัย โดยภาพที่ 3.3 แสดงขั้นตอนการการศึกษารูปแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลทางถนน และทางรถไฟ



ภาพที่ 3.3 ผังแสดงขั้นตอนการการศึกษารูปแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลทางถนน และทางรถไฟ

3.1.1.1 ศึกษากระบวนการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล

โดยการสัมภาษณ์ผู้ที่ดูแลในเรื่องการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลของบริษัทน้ำตาลพิษณุโลก เกี่ยวกับ ประเภทรถที่ใช้ในการขนส่ง ปริมาณการขนส่ง ประเภทผลิตภัณฑ์ที่ขนส่ง ขนาดบรรจุภัณฑ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการขนส่ง

3.1.1.2 ทบทวนวรรณกรรม และเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการหารูปแบบการขนส่งน้ำตาลที่เหมาะสมที่สุด ศึกษาทฤษฎีต่างที่เกี่ยวข้อง เช่น ต้นทุนการขนส่ง ข้อมูลที่เกี่ยวกับการขนส่ง

3.1.1.3 ออกแบบรูปแบบเอกสารเก็บข้อมูล

หลังจากการทบทวนวรรณกรรมปริทัศน์ และเอกสารที่เกี่ยวข้องแล้ว ผู้วิจัยได้จัดทำรายการข้อมูลที่ต้องการใช้ในการทำวิจัยต่อไป เพื่อนำไปขอข้อมูลจากทางโรงงาน และเพื่อความสะดวกในการกรอกข้อมูลของทางโรงงาน ทางทีมผู้วิจัยจึงได้ออกแบบรูปแบบเอกสารเก็บข้อมูล

3.1.1.4 เก็บข้อมูล

ในขั้นตอนการเก็บข้อมูล ทางทีมผู้วิจัยได้ลงไปสำรวจพื้นที่จริงของโรงงานในส่วนต่างๆ ตั้งแต่การนำเข้าวัตถุดิบ จนออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ และขั้นตอนของการนำผลิตภัณฑ์ออกจากโรงงาน

3.1.1.5 วิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากขั้นตอนการเก็บข้อมูล ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลที่ได้ หลังจากนั้นจึงจัดการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้สะดวกต่อการนำไปวิจัยขั้นต่อไป

3.1.1.6 สร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ เพื่อหารูปแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่เหมาะสมที่สุด โดยมีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด

เมื่อได้วิเคราะห์ข้อมูลแล้ว ผู้วิจัยจึงจัดทำสมการทางคณิตศาสตร์ เพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมในการขนส่ง โดยรูปแบบที่ได้จะต้องสามารถเป็นไปได้ และมีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด

3.1.1.7 ตรวจสอบความถูกต้องของสมการทางคณิตศาสตร์

ตรวจสอบความถูกต้องว่าผลที่ได้จากสมการนั้น สามารถเป็นไปได้จริง

3.1.1.8 สรุปและอภิปรายผล

เมื่อตรวจสอบแล้วพบว่า สมการทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นสามารถใช้งานได้จริง ผู้วิจัยจะจัดทำสรุปรูปแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลของโรงงานน้ำตาลพิษณุโลกที่เหมาะสมที่สุด โดยมีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด

3.1.2 การศึกษาโครงสร้างพื้นฐานของระบบโลจิสติกส์ ลักษณะทางพลศาสตร์ของเส้นทางการขนส่ง และสภาวะแวดล้อมของการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล

ในส่วนนี้จะทำการทดสอบลักษณะทางด้านพลศาสตร์ และสภาพแวดล้อมการขนส่ง การทดสอบความต้านทานต่อความสั่นสะเทือน และการทดสอบการกระแทก

3.1.2.1 การทดสอบลักษณะทางด้านพลศาสตร์และสภาพแวดล้อมการขนส่ง

โดยการทดสอบลักษณะทางพลศาสตร์ของเส้นทางการขนส่ง เลือกทดสอบกับยานพาหนะที่มีการใช้งานในการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่ทำการศึกษาและการทดสอบ ดังนี้

สำหรับการวัดและวิเคราะห์ลักษณะทางด้านพลศาสตร์ในการขนส่งจะใช้เครื่อง Data Logger for Shock & Vibration Model MSR165 ดังภาพที่ 3.4 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ในการบันทึกระดับการสั่นสะเทือนด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลการสั่นสะเทือนที่บันทึกโดยใช้โปรแกรม PC-Software Version 6.00.03 ซึ่งมีขั้นตอนการทดสอบ ดังนี้

ภาพที่ 3.4 เครื่อง Data Logger for Shock & Vibration Model MSR165

1. ติดตั้งอุปกรณ์ Data Logger Model MSR165 ในกล่องบรรจุน้ำตาล แล้วนำไปวางบนพื้นรถ บรรทุก 3 จุด คือ ส่วนต้น ส่วนกลาง และส่วนท้ายของรถ โดยควบคุมความเร็วในการขับขี่ไม่เกิน 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตามกฎหมายกำหนด โดยวัดสัญญาณความเร่งแบบสามทาง (Triaxial Accelerometer) การสั่นสะเทือนแบบสุ่ม (Random

Vibration) และการกระแทก (Shock) โดยบันทึกสัญญาณความเร่ง (Shock Pulse) จากการเคลื่อนที่ขึ้นลงของยานพาหนะ ตามมาตรฐานการสั่นสะเทือน ASTM D 4728-17 (Standard Test Method for Random Vibration Testing of Shipping Containers, 2006) จากนั้นวิเคราะห์สัญญาณความเร่งที่ได้ในรูปแบบของ PSD (Power Spectral Density)

2. นำข้อมูลที่ได้มาประเมินประสิทธิภาพของภาชนะบรรจุภายใน โดยประเมินจากความรุนแรงในการสั่นสะเทือนแบบสุ่มและการป้องกันผลิตภัณฑ์ของภาชนะบรรจุ รวมทั้งคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำตาล

3. ทดสอบการสั่นสะเทือนแบบ Closed-loop ในสภาวะจำลองในห้องปฏิบัติการโดยนำเฉพาะค่าความถี่และแอมพลิจูดมาจัดลำดับใหม่โดยการสุ่ม เพื่อให้ได้ข้อมูลของสัญญาณการสั่นสะเทือนอ้างอิงในแต่ละเส้นทางที่มีสภาพเหมือนการขนส่งจริงๆ สัญญาณอ้างอิงดังกล่าวสามารถป้อนสัญญาณไปในเครื่องทดสอบการสั่นสะเทือน (Vibration Table) เพียงชั้นเดียว เพื่อใช้ในการทดสอบการสั่นสะเทือนสำหรับการขนส่งในห้องปฏิบัติการสำหรับสินค้าอื่นๆ ในครั้งต่อไปโดยไม่ต้องทำการทดสอบการขนส่งจริง ซึ่งกำหนดค่ารายละเอียดของเครื่องมือตามวิธีการทดสอบ ASTM D 999 – 01 Method B (Standard Test Method for Random Vibration Testing of Shipping Containers, 2001) ที่ค่าความถี่ของการสั่นสะเทือนตั้งแต่ 3 ถึง 100 Hz. กำหนดค่าความเร่งคงที่เท่ากับ 0.5 g เป็นเวลา 60 นาที สำหรับแต่ละความถี่สั่นพ้อง โดยไม่เกิน 3 ค่าความถี่ จากนั้นทำการประเมินความเสียที่เกิดขึ้นของผลิตภัณฑ์

4. วิเคราะห์สัญญาณการกระแทก (Shock Pulse) โดยหาค่าความเร่งสูงสุด (Peak G) และความเร่งเฉลี่ย (Average G) ในแต่ละช่วงเส้นทางการขนส่งเพื่อวิเคราะห์สภาพเส้นทางการขนส่ง และนำไปใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงที่ใช้ในการปรับปรุงสภาพเส้นทางการขนส่งและการออกแบบวัสดุกันกระแทกและภาชนะบรรจุสำหรับผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่มีความเหมาะสมต่อการขนส่งจริงและมีต้นทุนต่ำ

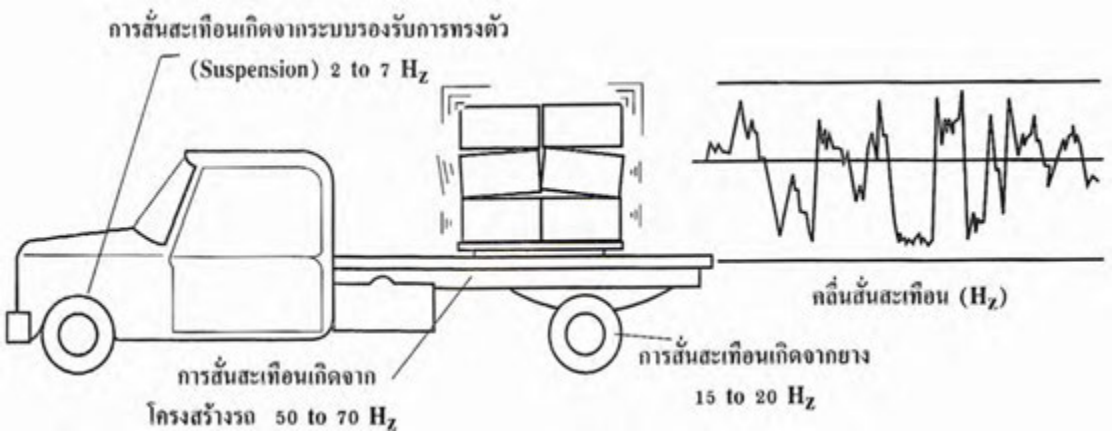
5. การทดสอบสภาวะแวดล้อมของการขนส่ง โดยติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้น (% Relative Humidity) บนพาหนะที่ใช้ในการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล 3 จุด จากนั้นวิเคราะห์อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดและต่ำสุดในแต่ละช่วงของเส้นทางการขนส่งสินค้า จากนั้นทำการประเมินผลการทดสอบ

6. การวิเคราะห์ผลการศึกษาและรวบรวมข้อมูล โดยนำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำหรับการประมวลผล PC-Software เพื่อแปรผลของข้อมูลที่สัมพันธ์กับลักษณะทางพลศาสตร์ของการขนส่งจริงและคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำตาล

3.1.2.2 การทดสอบความต้านทานต่อความสั่นสะเทือน

การทดสอบความต้านทานต่อความสั่นสะเทือน (Vibration Testing) เป็นการทดสอบที่สำคัญ และมาตรฐานการทดสอบผลิตภัณฑ์ต่อการสั่น หนึ่งในหลายมาตรฐานที่สำคัญของการทดสอบและพัฒนาผลิตภัณฑ์รวมทั้งใช้ทดสอบเพื่อยืนยันความทนทานและยังสามารถทำนายอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์เหล่านั้นได้อีกด้วย

ส่วนประกอบของระบบทดสอบความสั่นสะเทือน ระบบทดสอบความสั่นสะเทือน ประกอบด้วย ส่วนสำคัญ 3 ส่วนคือ ตัวสร้างความสั่น (Shaker) ตัวควบคุมการสั่น (Controller) หัววัดความสั่น (Accelerometer) รวมทั้งส่วนประกอบอื่นที่เป็นองค์ประกอบเสริม ได้แก่ โต๊ะทดสอบแนวตั้ง (Vertical Head expander) โต๊ะทดสอบแนวนอน (Horizontal Slip Table)



ภาพที่ 3.5 ลักษณะการสั่นสะเทือนของสินค้าในระหว่างการขนส่ง

ที่มา : การพัฒนาโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ ตอนที่ 3 ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร

จากการศึกษาระดับความเสียหายของการขนส่งสินค้าน้ำตาล กรณีศึกษาโดยการทดสอบการเขย่าด้วยเครื่องจำลองการสั่นสะเทือน ที่ระดับความถี่ 2.5 Hz., 2.6 Hz. และ 3.0 Hz. ตามลำดับ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ต่อการทดสอบ 1 รอบ ซึ่งใช้การจำลองสภาพการขนส่งตามมาตรฐานการทดสอบการสั่นสะเทือน ASTM D999 (ASTM Annual Book of ASTM Standards, 1981) ผลการทดสอบโดยใช้การจำลองสภาพการขนส่งของเส้นทางการขนส่งด้วยเครื่อง Simulation Transportation Vibration Table ดังภาพ

ภาพที่ 3.6 การจำลองสภาพการขนส่งด้วยเครื่อง Simulation Transportation Vibration Table

พบว่า สินค้าน้ำตาลยังไม่เกิดระดับความเสียหายเมื่อระดับความถี่ของการสั่นสะเทือนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจากการทดสอบแสดงให้เห็นว่า การเลือกใช้ระบบบรรจุภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมต่อการขนส่งเป็นกระบวนการหนึ่งที่ช่วยลดและป้องกันปัญหาความเสียหายของสินค้าจากการขนส่งได้ นอกจากนี้ยังอาจทำให้ทราบถึงปัญหาที่ก่อให้เกิดความเสียเนื่องจากการขนส่งได้อีกทาง

ภาพที่ 3.7 ถุงบรรจุน้ำตาลทรายหลังการทดสอบการสั่นสะเทือน

3.1.2.3 การทดสอบการกระแทก

การทดสอบการกระแทกเป็นการวัดการส่งถ่ายพลังงานที่จำเป็นในการแตกหักของ วัสดุ ค่าความแข็งแรงการกระแทกจะบ่งบอกถึงความสามารถในการรับแรงแบบฉับพลัน (Shock Load) แม้พลังงานไม่สามารถสร้างและทำลาย แต่พลังงานการกระแทกจะสูญเสียไป ในหลายลักษณะ เช่น ถูกใช้ในการเสียรูปแบบยืดหยุ่นและแบบถาวรของวัสดุ และแรงเสียด ทานจากการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนต่าง ๆ เป็นต้น โดยการออกแบบโครงสร้างและเครื่องจักร ประการแรกต้องให้ชิ้นงานสามารถดูดซับพลังงานให้ได้มากที่สุดเท่าจะเป็นไปได้ในช่วงของ การยืดหยุ่น และประการที่สองคืออาศัยการหน่วงบางรูปแบบเพื่อลดการดูดซับพลังงานของ เครื่อง ในการทดสอบการกระแทกจะใช้พลังงานของลูกตุ้มกระแทกให้ชิ้นทดสอบแตกหัก โดยพลังงานจะนิยามเป็นงานซึ่งเป็นแรงที่กระทำเป็นระยะทางหนึ่ง ดังสมการ $W = FD$

เมื่อ W คืองาน (ปอนด์ฟุต หรือ นิวตันเมตร)

F คือแรงที่กระทำ (ปอนด์ หรือ นิวตัน)

D คือระยะทางในช่วงที่แรงกระทำ (นิ้ว หรือ เมตร)

ภาพที่ 3.8 ลักษณะการทดสอบการกระแทกของสินค้า

ที่มา : ตัวอย่างการทดสอบการกระแทกของบริษัท Measuretronix Ltd.

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

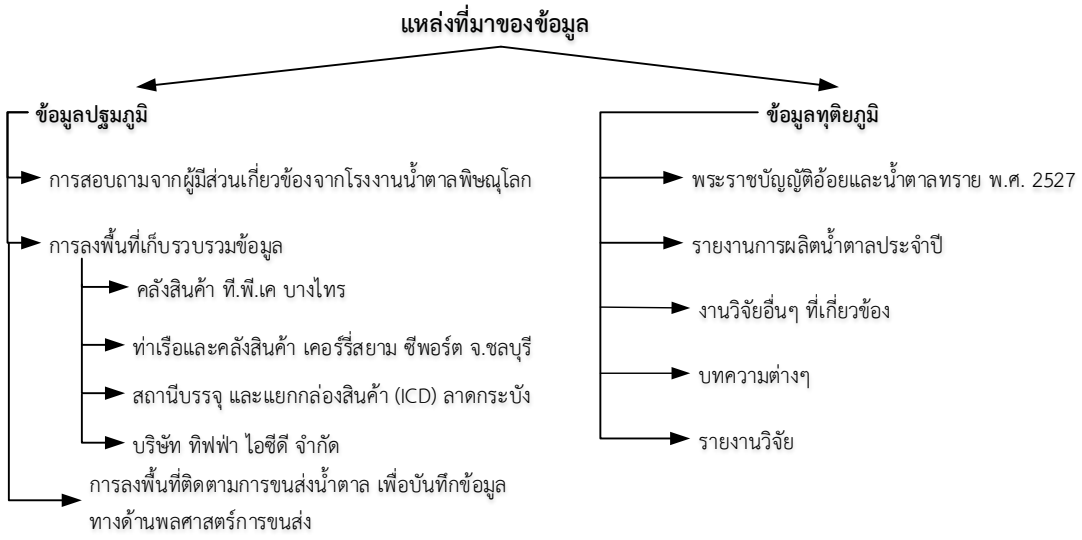
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยใช้ในการทำวิจัย ได้แก่ คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ 1 เครื่องสำหรับสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยมีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) Core I7 3.50 GHz หน่วยความจำหลัก (RAM) 6 GB ซึ่งในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ผู้วิจัยจะใช้ภาษา AMPL (A Mathematical Programming Language) ในการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ และได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Gurobi (http://www.gurobi.com/) ในการแก้ปัญหาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ และชุดอุปกรณ์ชุดบันทึกข้อมูลทางด้านพลศาสตร์การขนส่ง (Shock and vibration data logger) เพื่อเก็บบันทึกข้อมูลทางด้านพลศาสตร์การขนส่ง ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

ลำดับ	เครื่องมือและอุปกรณ์	การใช้งาน
1	คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ	ประมวลผลแบบจำลอง
2	AMPL	สร้างแบบจำลอง
3	Gurobi	ประมวลผลแบบจำลอง
4	ชุดบันทึกข้อมูลทางด้านพลศาสตร์การขนส่ง	ประเมินประสิทธิภาพของภาชนะบรรจุภายใน

3.3 แหล่งที่มาของข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการหาข้อมูล โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ 1) ข้อมูลปฐมภูมิ และ2)ข้อมูลทุติยภูมิ โดยข้อมูลปฐมภูมิผู้วิจัยได้มาจากการสอบถามผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องจากโรงงานน้ำตาล โดยได้สอบถามจากผู้บริหาร ผู้จัดการ และพนักงานในโรงงานที่มีส่วนเกี่ยวข้อง การลงพื้นที่เก็บรวบรวมข้อมูล เมื่อผู้วิจัยได้สอบถามข้อมูลจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลจากสถานที่จริง เช่น คลังสินค้า ท่าเรือต่างๆ และสถานีบรรจุและแยกกล่องสินค้า และจากการลงพื้นที่ติดตามการขนส่งน้ำตาล โดยใช้ชุดอุปกรณ์ชุดบันทึกข้อมูลทางด้านพลศาสตร์การขนส่ง (Shock and vibration data logger) เพื่อเก็บบันทึกข้อมูลทางด้านพลศาสตร์การขนส่ง ส่วนข้อมูลทุติยภูมิ ผู้วิจัยได้ศึกษาจากพระราชบัญญัติอ้อยและน้ำตาลทราย พ.ศ. 2557 และรายงานการผลิตน้ำตาลประจำปี ดังแสดงในภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 แสดงแหล่งที่มาของข้อมูล

3.4 วิธีการเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลของคณะผู้วิจัย มีทั้งการออกแบบแบบฟอร์มเก็บข้อมูล เพื่อใช้ประกอบการสัมภาษณ์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง การศึกษาวรรณกรรมปริทัศน์ การสืบค้นทางอินเตอร์เน็ต และการลงพื้นที่บันทึกข้อมูลทางด้านพลศาสตร์การขนส่ง

3.4.1 การออกแบบแบบฟอร์มเก็บข้อมูล

หลังจากการทบทวนวรรณกรรมและเอกสารที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้จัดทำรายการของข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการดำเนินงานวิจัยขั้นต่อไป โดยรายการข้อมูลที่จำเป็น มีดังนี้

3.4.11. ประเภทของผลิตภัณฑ์

3.4.1.2. ประเภทของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง

3.4.1.3. ที่ตั้งของลูกค้า

3.4.1.4. ที่ตั้งของคลังสินค้า และท่าเรือขนส่ง

3.4.1.5. ปริมาณการขนส่งต่อครั้ง

3.4.1.6. วันกำหนดส่งในแต่ละคำสั่งซื้อ

3.4.1.7. ผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการขนส่ง

3.4.1.8. ระยะเวลาที่ใช้ในการขนส่ง

3.4.1.9. ยอดรวมการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำตาลตลอดทั้งปี

เนื่องจากข้อมูลที่ผู้วิจัยต้องการทราบมีหลายประเด็น ดังนั้นเพื่อให้สะดวก และเข้าใจได้ง่ายระหว่างผู้วิจัยกับทางโรงงาน ผู้วิจัยจึงได้จัดทำเอกสารเก็บข้อมูล โดยจะใช้ในการเก็บข้อมูล ซึ่งเอกสารเก็บข้อมูลจะช่วยให้ทางโรงงานกรอกได้สะดวก และผู้วิจัยสามารถนำมาวิเคราะห์ได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้น โดยตัวอย่างของเอกสารเก็บข้อมูลจะแสดงดังภาพที่ 3.10

ตารางเก็บข้อมูลด้านการสั่งซื้อของลูกค้าของบริษัท น้ำตาลพิษณุโลก จำกัด

สำหรับการสั่งซื้อประจำปี 2559

ครั้งที่จัดส่ง หมายถึง ครั้งที่จัดส่งให้ลูกค้ารายนั้นในปี 2559

จำนวน (ตัน) หมายถึง น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่ทำการจัดส่งในครั้งนั้น

ตัวอย่างการกรอกข้อมูล

No	รายชื่อลูกค้า	ที่อยู่	ครั้งที่จัดส่ง / จำนวน (ตัน)
	คุณ ตัวอย่าง ข้อมูล	พิษณุโลก	ครั้งที่ 1 / 15 ตัน ครั้งที่ 2 / 15 ตัน ครั้งที่ 3 / 12 ตัน

ภาพที่ 3.10 ตัวอย่างเอกสารเก็บข้อมูลด้านการสั่งซื้อของลูกค้า

3.4.2 การสัมภาษณ์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง

ทางคณะผู้วิจัย ได้มีการประสานงาน กับทางโรงงานน้ำตาลพิษณุโลก โดยเริ่มจากการพบผู้บริหาร พร้อมแนะนำโครงการ เพื่อขอความร่วมมือและทำความเข้าใจเบื้องต้นกับทางโรงงาน

ภาพที่ 3.11 คณะผู้วิจัยได้พบผู้บริหารโรงงานน้ำตาลพิษณุโลก

หลังจากนั้น ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการนัดพบกับทางโรงงาน เพื่อเข้าเก็บข้อมูล และสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้อง สำหรับในเบื้องต้น ทางคณะทีมผู้วิจัย ได้ทำการสัมภาษณ์หลักๆ 3 ประเด็นหลักๆ ได้แก่ 1. ประเด็นนโยบาย และแผนการผลิตของผลิตภัณฑ์น้ำตาล 2. ประเด็นการจัดหาวัตถุดิบและปริมาณวัตถุดิบเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์น้ำตาล และ 3. ประเด็นการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล

1. ประเด็นนโยบาย และแผนการผลิตของผลิตภัณฑ์น้ำตาล เนื่องจากทางโรงงานเป็นโรงงานที่อยู่ในกลุ่มของบริษัทน้ำตาลไทยรุ่งเรือง ดังนั้น นโยบาย และแผนการผลิตของผลิตภัณฑ์น้ำตาล จะถูกกำหนดมาจากสำนักงานใหญ่

ภาพที่ 3.12 คณะผู้วิจัยสัมภาษณ์ ทางโรงงานน้ำตาลพิษณุโลก

2. ประเด็นการจัดหาวัตถุดิบเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์น้ำตาล โดยในการจัดหาวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำตาล หรือการจัดหาอ้อยนั้น ทางฝ่ายจัดหาวัตถุดิบ จะได้รับนโยบายจากทางผู้บริหาร ถึงปริมาณอ้อยที่ทางผู้บริหารต้องการ หลังจากนั้นฝ่ายจัดหาวัตถุดิบจะคำนวณปริมาณอ้อยที่จะได้จากเกษตรกรผู้ปลูกอ้อย ที่จะนำอ้อยมาส่งให้กับทางโรงงาน หากคำนวณแล้วปริมาณไม่เพียงพอต่อนโยบายผู้บริหาร ทางฝ่ายจัดหาวัตถุดิบจะต้องหาพื้นที่ในการปลูกอ้อยเพิ่ม เพื่อให้ได้ปริมาณอ้อยตรงตามนโยบาย

ภาพที่ 3.13 คณะผู้วิจัยสัมภาษณ์ ฝ่ายจัดหาวัตถุดิบ (โรงงานน้ำตาลพิษณุโลก)

3. ประเด็นการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล โดยปัจจุบันการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลของทางโรงงานน้ำตาลพิษณุโลก จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ 1. ลูกค้ามารับผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่โรงงาน และ 2. โรงงานส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลให้แก่ลูกค้า โดยการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลให้แก่ลูกค้านั้น ทางโรงงานจะใช้ช่องทางการขนส่งทางบกในการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลให้แก่ลูกค้า

ภาพที่ 3.14 คณะผู้วิจัยสัมภาษณ์หัวหน้าแผนกขนส่งของโรงงานน้ำตาลพิษณุโลก

3.4.3 วรรณกรรมปริทัศน์

ผู้วิจัยได้ทบทวนงานวิจัยในส่วนที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ที่ประเภทสินค้าเกษตร จากงานวิจัยของ รองศาสตราจารย์.ดร.กาญจนา เศรษฐนันท์ และคณะ[3], ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธา เจนศิริศักดิ์ และคณะ[7], รองศาสตราจารย์ นาวี เจี่ยดำรง[6]

3.4.4 การสืบค้นทางอินเตอร์เน็ต

ในส่วนของการหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบการค้าอ้อยและน้ำตาลทราย พระราชบัญญัติอ้อยและน้ำตาลทราย พ.ศ. 2527 ข้อมูลการผลิตน้ำตาลประจำปี คุณลักษณะของน้ำตาลทราย คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำตาลทราย และระบบการขนส่ง ทางผู้วิจัยได้ทำการค้นหาข้อมูลต่างๆ เหล่านี้จากอินเตอร์เน็ต

3.4.5 การเก็บข้อมูลโดยใช้อุปกรณ์ชุดบันทึกข้อมูลทางด้านพลศาสตร์การขนส่ง (Shock and Vibration Data Logger)

เป็นการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเส้นทางขนส่งทั้ง 2 เส้นทางหลัก คือ เส้นทางจากโรงงานน้ำตาลพิษณุโลกไปยังด่านศุลกากรแม่สอด จังหวัดตาก และเส้นทางไปยังด่านพรมแดนเชียงของ-ห้วยทราย จังหวัดเชียงราย โดยมีรายละเอียดศึกษา ดังนี้

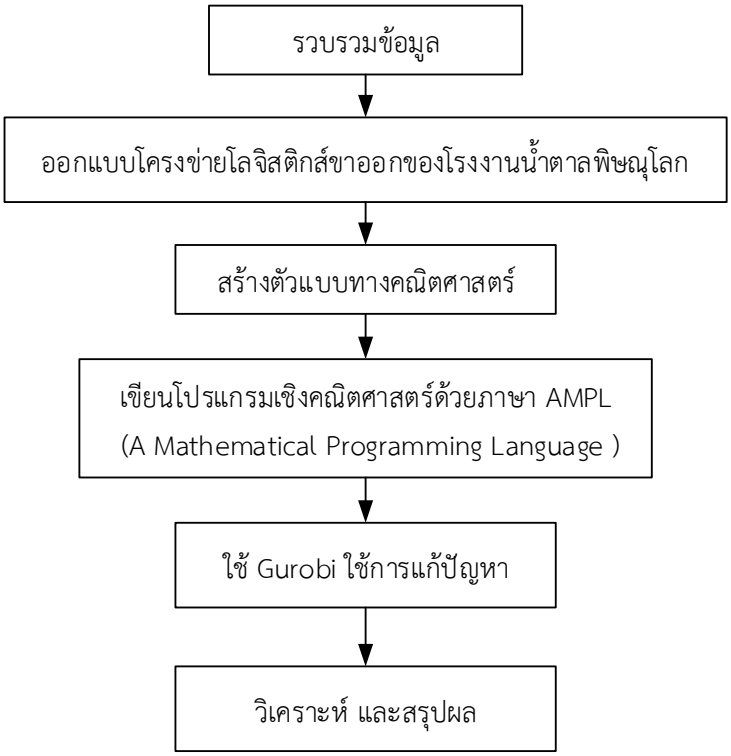
3.4.5.1 ระบบภาชนะบรรจุเพื่อการขนส่ง ศึกษาและทำการบันทึกข้อมูลด้านรูปแบบของภาชนะบรรจุที่ใช้ในการขนส่งสินค้าหลักในระบบการขนส่งทางถนน เช่น ข้อมูลชนิดและรูปแบบของวัสดุบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง จำนวนชั้นของการวางเรียงซ้อนของสินค้าในการขนส่ง

3.4.5.2 การศึกษาข้อมูลการใช้เส้นทางการขนส่ง เพื่อศึกษาสภาพของเส้นทางจริงที่ใช้ในการขนส่ง ระยะทางการขนส่ง ระยะเวลาทั้งหมดในการขนส่ง และความเร็วโดยเฉลี่ยของพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง

3.5 วิธีการแก้ปัญหา

สำหรับวิธีการแก้ปัญหา ผู้วิจัยจะเริ่มจากการรวบรวมข้อมูลทั้งข้อมูลปฐมภูมิ ข้อมูลทุติยภูมิ จากการสอบถาม สัมภาษณ์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง การทบทวนวรรณกรรม การศึกษารายงานวิจัยต่างๆ และการสืบค้นทางอินเตอร์เน็ต หลังจากนั้นผู้วิจัยจะนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และออกแบบโครงข่ายโลจิสติกส์ขาออกของโรงงานน้ำตาลทั้งที่สามารถเป็นไปได้ และที่โรงงานกระทำอยู่ในปัจจุบัน ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นกระบวนการในการแปลโจทย์ปัญหาให้มี

การแสดงความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ระหว่างตัวแปรต่างๆ เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimum) โดยการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดจากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ จะทำได้โดยการใช้ภาษา AMPL (A Mathematical Programming Language) แปลงตัวแบบทางคณิตศาสตร์ให้เป็นภาษาทางคอมพิวเตอร์ (Computer Coding) เพื่อที่จะใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Gurobi ในการคำนวณหาค่าคำตอบที่ดีที่สุดจากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ได้สร้างขึ้น เพื่อให้ได้รูปแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่มีต้นทุนต่ำที่สุด หลังจากนั้นจะเป็นการวิเคราะห์ และสรุปผลการวิจัย โดยภาพที่ 3.15 จะแสดงขั้นตอนของการแก้ปัญหา



ภาพที่ 3.15 ผังแสดงวิธีการแก้ปัญหา

3.6 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

สำหรับวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาลักษณะคุณสมบัติบางประการของผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ รายละเอียดดังนี้

3.6.1. ด้านคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์ โดยทำการทดสอบด้านคุณลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่ได้ ทำการวิเคราะห์และทดสอบคุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์น้ำตาลโดยทำการทดสอบ และเก็บข้อมูลเพื่อนำผลที่ได้มาคาดการณ์อายุการเก็บ (Shelf Life) ที่มีผลจากการขนส่งสินค้าหรือคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำตาลทราย

3.6.2 ด้านคุณภาพของบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิด โดยการทดสอบบรรจุภัณฑ์ เช่นการทนแรงอัด (Compression Strength),การทดสอบความสั่นสะเทือน (Vibration Test), การทดสอบการหล่น (Drop Test) , ความหนา (Thickness), ความต้านทานการฉีกขาด (Tear Resistance)

บทที่ 4 แนวทางการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล

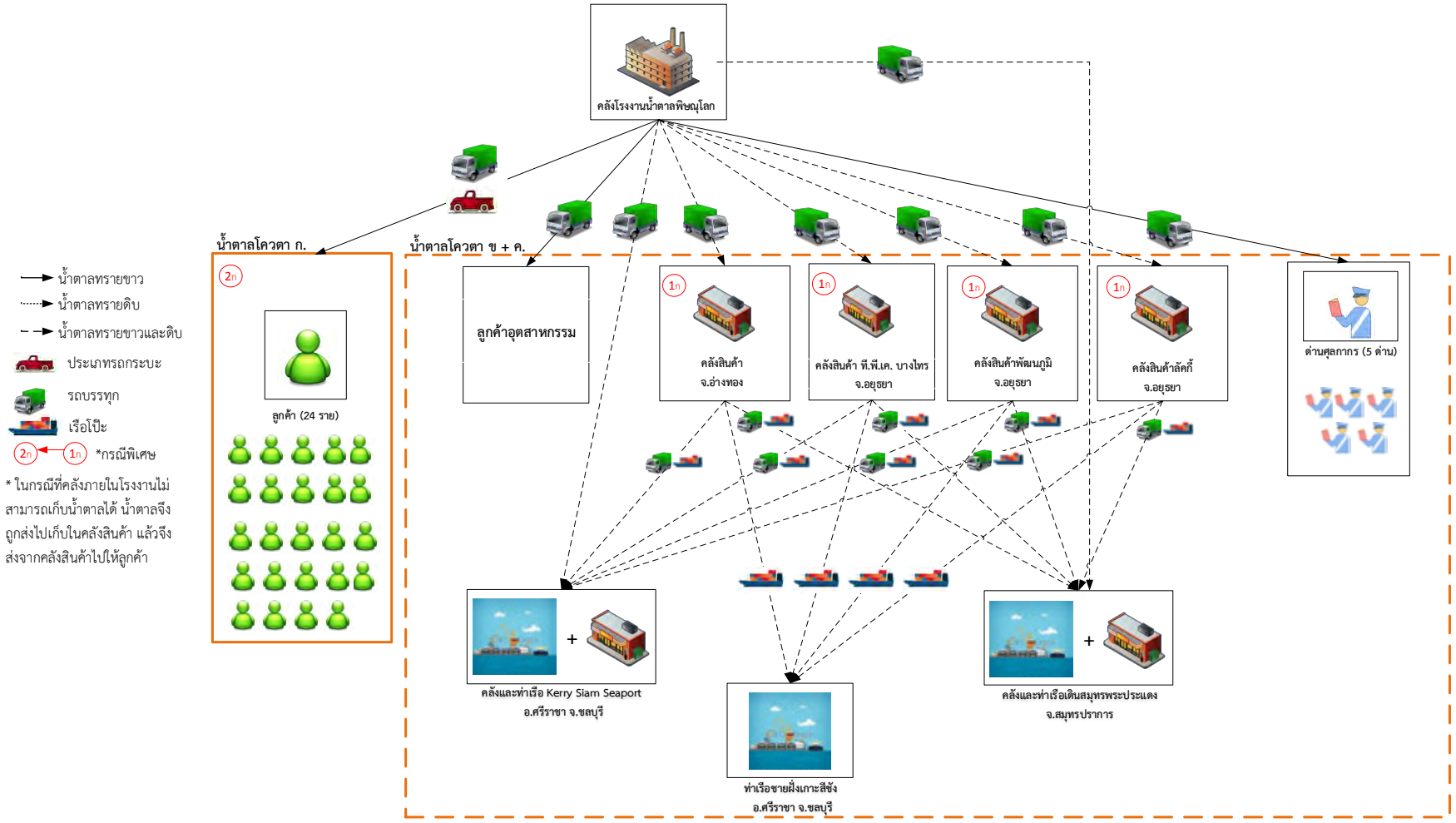
4.1 รูปแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลของโรงงานพิษณุโลกในปัจจุบัน

การรวบรวมข้อมูลด้านทุติยภูมิจากการศึกษางานวิจัย รายงานการวิจัย สืบค้นข้อมูลทางอินเตอร์เน็ต เกี่ยวกับระบบการค้าของน้ำตาล เช่น พระราชบัญญัติอ้อยและน้ำตาลทราย พ.ศ. 2527 ประกาศคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย บทความต่างๆ รวมไปถึงการรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ โดยการสัมภาษณ์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในด้านการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล จนกระทั่งผู้วิจัยได้ทำการลงพื้นที่เก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่ โรงงาน คลังเก็บสินค้า ท่าเรือ และสถานีบรรจุ และแยกสินค้ากล่องลาดกระบัง และการใช้ชุดอุปกรณ์บันทึกข้อมูลทางด้านพลศาสตร์การขนส่ง (Shock and vibration data logger) เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาประเมินประสิทธิภาพของภาชนะบรรจุสินค้า

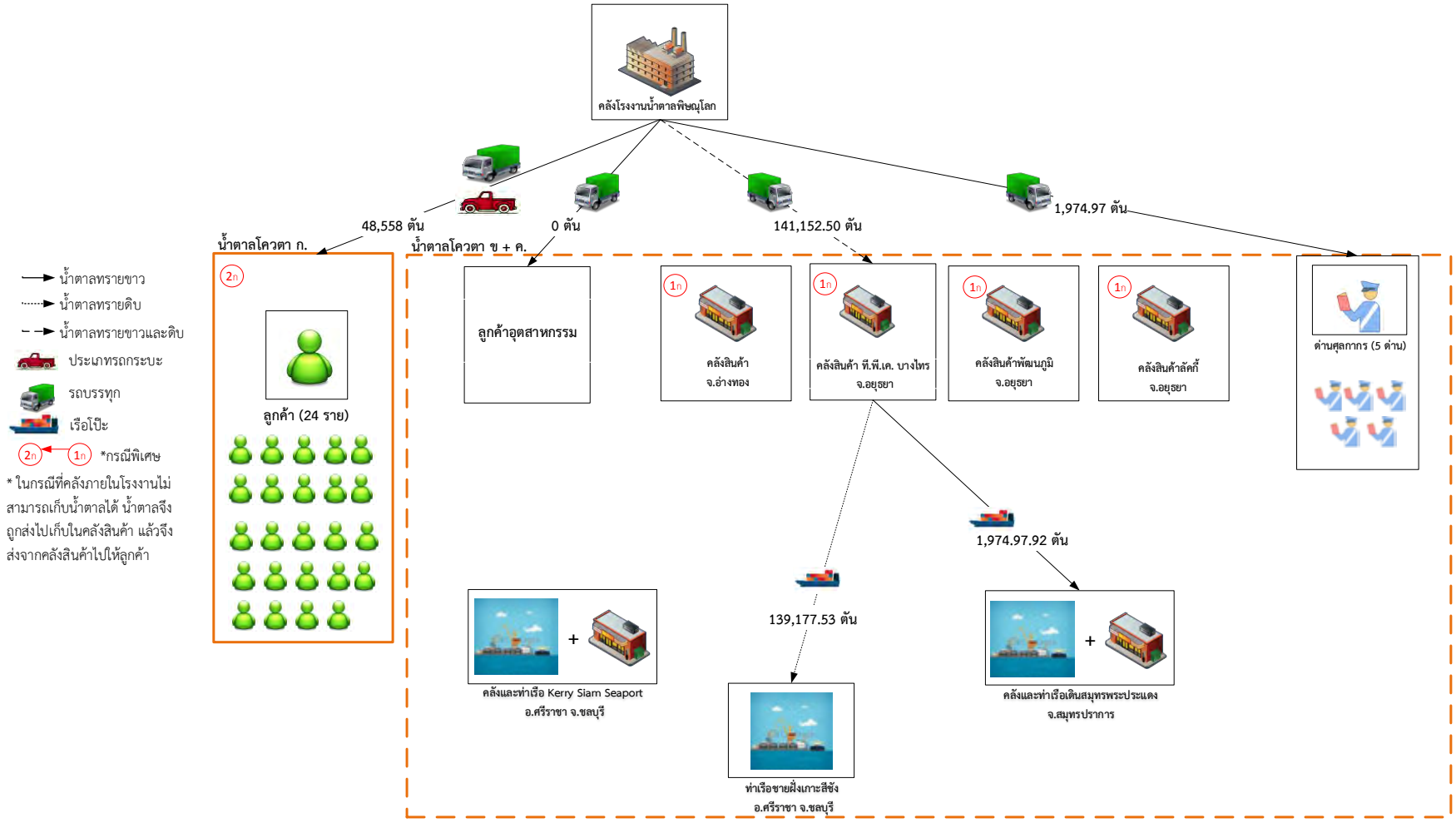
จากการรวบรวมข้อมูลพบว่าในปัจจุบันโรงงานน้ำตาลพิษณุโลกผลิตผลิตภัณฑ์น้ำตาลเพื่อส่งมอบให้กับลูกค้าภายในประเทศและต่างประเทศ โดยลูกค้าภายในประเทศทั้งหมด 24 ราย กระจายอยู่ 12 จังหวัด ได้แก่ พิษณุโลก กำแพงเพชร พิจิตร ลำปาง ลำพูน เชียงใหม่ เชียงราย สมุทรสาคร นครปฐม ปราจีนบุรี พระนครศรีอยุธยา และกรุงเทพมหานคร ส่วนการส่งออกน้ำตาลไปต่างประเทศจะมีช่องทางการส่งออก 2 ช่องทาง ช่องทางแรกเป็นส่งออกน้ำตาลไปต่างประเทศผ่านด่านศุลกากรจำนวนทั้งหมด 5 ด่าน ได้แก่ ด่านแม่สอด ด่านเชียงแสน ด่านเชียงของ ด่านมุกดาหาร และด่านทุ่งช้าง และช่องทางที่สองเป็นการส่งออกน้ำตาลผ่านทางท่าเรือเดินสมุทร

การส่งออกน้ำตาลโดยผ่านทางท่าเรือนั้น โรงงานน้ำตาลพิษณุโลกจะขนส่งน้ำตาลไปเก็บไว้ที่คลังสินค้าก่อนดำเนินการขนส่งไปที่ท่าเรือเดินสมุทรที่ต่อหนึ่ง คลังสินค้าที่โรงงานสามารถเลือกใช้ได้มีจำนวน 6 คลัง ได้แก่ คลังสินค้าบางไทร คลังสินค้าลัคกี้ คลังสินค้าพัฒนภูมิ คลังสินค้าอ่างทอง คลังสินค้าที่ท่าเรือพระประแดง และคลังสินค้าที่ท่าเรือเคอร์รี่ กรณีเลือกใช้คลังสินค้าบางไทร คลังสินค้าลัคกี้ คลังสินค้าพัฒนภูมิ และคลังสินค้าอ่างทอง จะต้องขนส่งน้ำตาลด้วยเรือโป๊ะไปยังท่าเรือเดินสมุทรอีกต่อหนึ่งเนื่องจากคลังสินค้าในกลุ่มดังกล่าวไม่มีท่าเรือเดินสมุทร โดยท่าเรือเดินสมุทรที่โรงงานน้ำตาลพิษณุโลกสามารถเลือกใช้ได้นั้นประกอบด้วย ท่าเรือพระประแดง จ.สมุทรปราการ ท่าเรือเคอร์รี่ และท่าเรือเกาะสีชัง จ.ชลบุรี

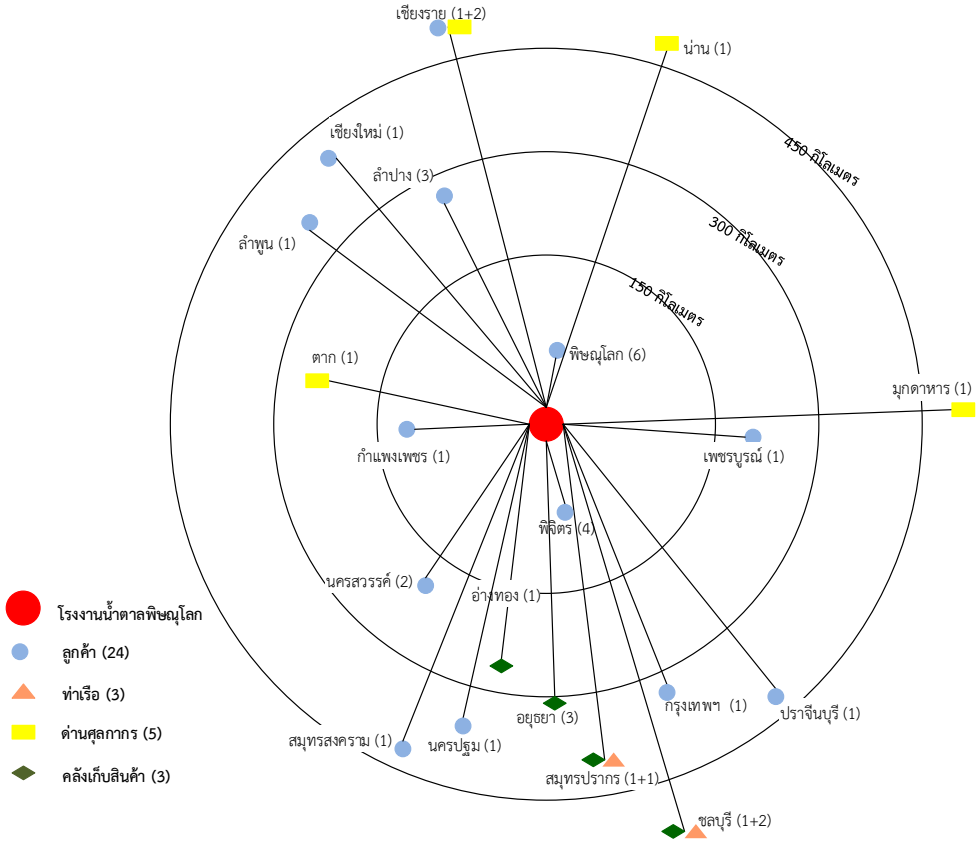
โครงข่ายโลจิสติกส์ขาออกของโรงงานน้ำตาลพิษณุโลกที่เป็นไปได้ทั้งหมด โครงข่ายโลจิสติกส์ขาออกของโรงงานน้ำตาลพิษณุโลกที่ใช้ในปัจจุบัน แผนที่แสดงระยะทางระหว่างจุดส่งมอบสินค้ากับโรงงาน และภาพรวมของการขนส่งน้ำตาลของโรงงานพิษณุโลก จะแสดงดังภาพที่ 4.1 4.2 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ



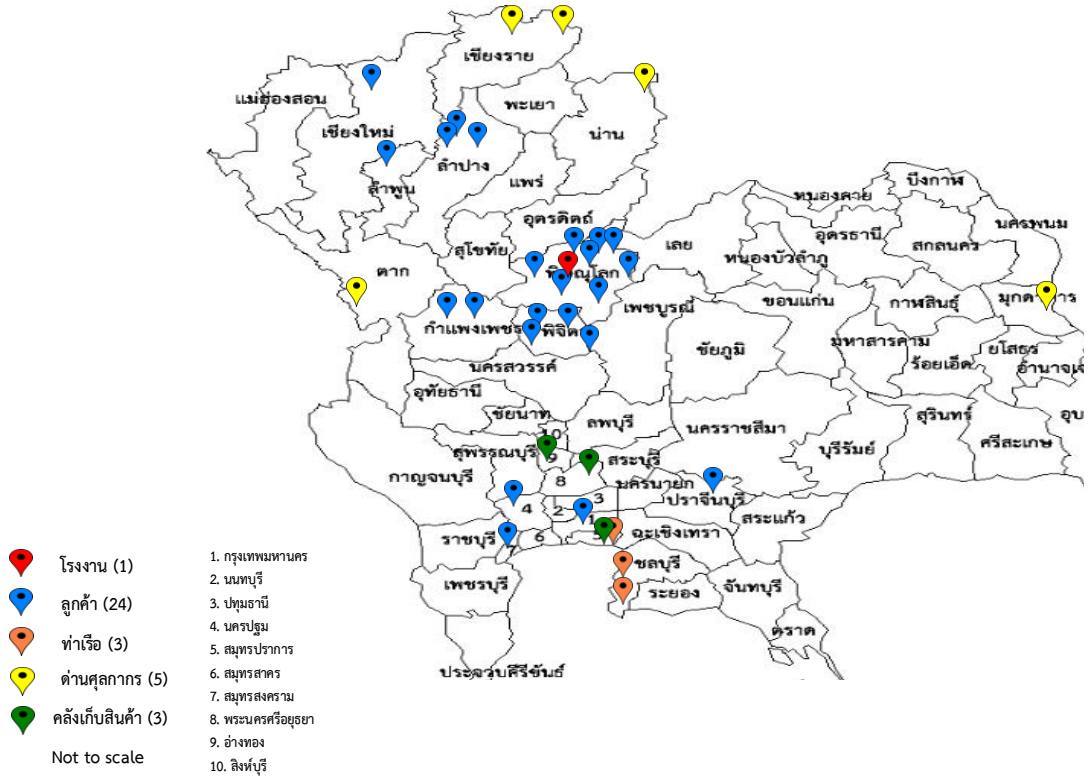
ภาพที่ 4.1 โครงข่ายโลจิสติกส์ขาออกของโรงงานน้ำตาลพิษณุโลกที่เป็นไปได้ทั้งหมดในปัจจุบัน



ภาพที่ 4.2 โครงข่ายโลจิสติกส์ขาออกของโรงงานน้ำตาลพิษณุโลกที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน



ภาพที่ 4.3 แผนที่แสดงระยะห่างระหว่างจุดส่งมอบสินค้ากับโรงงานน้ำตาลพิษณุโลก (Arm length)



ภาพที่ 4.4 ภาพรวมการขนส่งน้ำตาลของโรงงานพิษณุโลก

4.2 แนวทางการพัฒนาวิธีและรูปแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล

4.2.1 ผลิตภัณฑ์น้ำตาลแบบกระสอบ (Bag)

แนวทางการพัฒนาวิธีและรูปแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลประเภทกระสอบ ทางคณะผู้วิจัยจะทำการทดสอบบรรจุภัณฑ์ และเส้นทางที่ใช้ในการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลจากโรงงานพิษณุโลกไปยังด่านพรมแดนเชียงของ-ห้วยทราย อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย สำหรับการทดสอบบรรจุภัณฑ์ ผู้วิจัยจะทำจำลองสภาพการขนส่งตามมาตรฐานการทดสอบการสั่นสะเทือน ASTM D-4728 Random Vibration Test แบบ Closed Loop โดยบันทึกสัญญาณการสั่นสะเทือนจากเครื่อง Simulation Transportation Vibration Table ที่ระดับความถี่ 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5 และ 5 Hz ตามลำดับ และในส่วนของลักษณะทางพลศาสตร์ของการขนส่ง และสภาพแวดล้อมของการขนส่งของเส้นทางขนส่งจากโรงงานน้ำตาลพิษณุโลกไปยังด่านพรมแดนเชียงของ-ห้วยทราย อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย โดยผู้วิจัยจะทำการทดสอบสัญญาณการสั่นสะเทือน (Vibration) และการกระแทก (Shock) โดยบันทึกสัญญาณความเร่ง (Shock Pulse) จากการเคลื่อนที่ขึ้นลงของยานพาหนะตามมาตรฐานการสั่นสะเทือน ASTM D-4728 ด้วยอุปกรณ์วัดสัญญาณความเร่งแบบสามทาง (Triaxial Accelerometer) และอุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้น (% relative humidity) ในตู้คอนเทนเนอร์บนรถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่ง จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลด้านพลศาสตร์ โดยพิจารณาความเร่งที่สินค้าเกษตรได้รับใน 3 ทิศทาง คือ ความเร่งจากการเคลื่อนที่ของรถ (Shock – X Axis) ความเร่งจากการเลี้ยวของรถ (Shock – Y Axis) และความเร่งจากสภาพถนน (Shock – Z Axis) ตามลำดับ

4.2.2 ผลิตภัณฑ์น้ำตาลแบบเทกอง (Bulk)

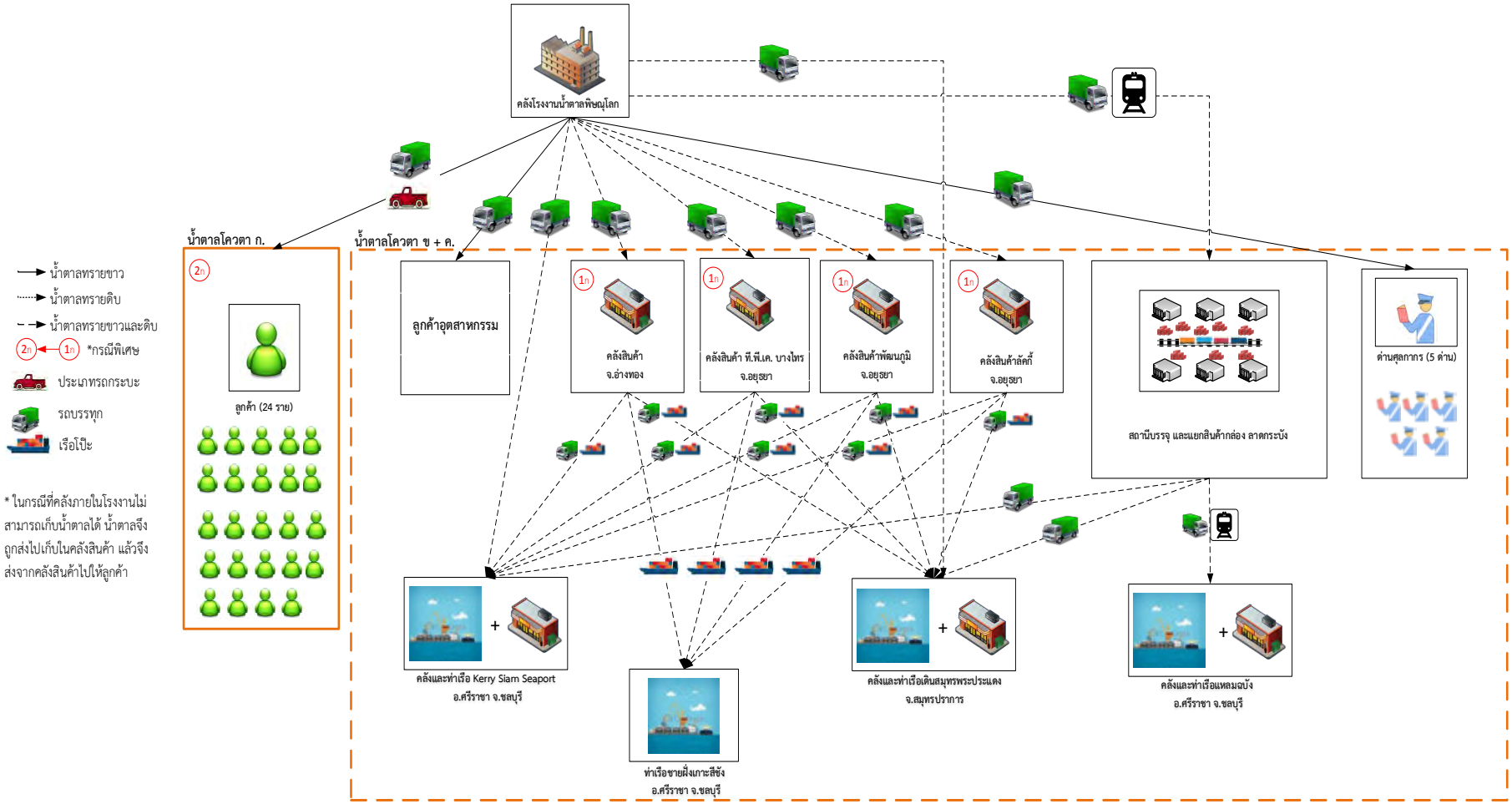
แนวทางการพัฒนาวิธีและรูปแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลประเภทเทกอง ทางคณะผู้วิจัยจะพัฒนารูปแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลเพื่อส่งออกไปยังต่างประเทศที่ผ่านท่าเรือเดินสมุทร ปัจจุบัน (As is) ทางโรงงานใช้รูปแบบการขนส่งทางถนนด้วยรถบรรทุกเพียงรูปแบบเดียว ดังนั้น ทางคณะผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาและพัฒนาตัวแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลรูปแบบต่างๆ เป็นจำนวน 6 รูปแบบ ทั้งนี้การขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลระบบรางด้วยรถไฟเป็นหนึ่งใน 6 รูปแบบที่คณะผู้วิจัยได้นำมาพิจารณาในตัวแบบการขนส่ง แสดงดังภาพที่ 4.5

ตัวแบบการขนส่ง (Transportation model) ผลิตภัณฑ์น้ำตาลถูกพัฒนาโดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model) เพื่ออธิบายปัญหา องค์ประกอบของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย ข้อตกลงเบื้องต้น (Assumptions) เซตและดัชนี (Set and indices) ตัวแปรทราบค่า (Parameters) ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables) ฟังก์ชันเป้าประสงค์ (Objective function) และเงื่อนไขบังคับ (Constraints)

วิธีการในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimal solution) เพื่อนำมาวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัยเพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางสำหรับผู้บริการในการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่เหมาะสมที่สุดต่อไป (To be) ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปช่วยค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดจากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้น โดยเลือกเส้นทางและรูปแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่มีต้นทุนต่ำที่สุด

4.3 ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์

หลังจากการเข้าเก็บข้อมูล โดยการสัมภาษณ์ และใช้เอกสารเก็บข้อมูลแล้ว ทางคณะผู้วิจัยจึงได้ทำความสะอาดข้อมูล (Data Cleaning) ที่ได้รวบรวมมาทั้งหมด เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้ในการดำเนินงานวิจัยขั้นต่อไป ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์พร้อมแหล่งที่มาของข้อมูลแสดงในตารางที่ 4.1



ภาพที่ 4.5 โครงข่ายโลจิสติกส์ขาออกของโรงงานน้ำตาลพิษณุโลกที่พิจารณาถึงการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลระบบรางด้วยรถไฟ

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์

ลำดับ	ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์	ที่มาของข้อมูล	ประเภทของข้อมูล	
			ข้อมูลปฐมภูมิ	ข้อมูลทุติยภูมิ
1	ปริมาณผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายที่ถูกส่งออกทางท่าเรือเดินสมุทรที่ใช้ในตัวแบบทางคณิตศาสตร์	ประกาศคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย เรื่อง กำหนดชนิดและปริมาณน้ำตาลทรายที่ให้โรงงานผลิตในฤดูกาลผลิตปี 2559/2560		X
2	ความสามารถในการบรรทุกสินค้าของรถบรรทุกชนิดต่างๆ	เอกสารข้อมูลที่ได้รับจากโรงงานน้ำตาล		X
3	น้ำหนักบรรจุสูงสุดของตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 20 ฟุต	เว็บไซต์ของ บริษัท คอนเทนเนอร์ (ประเทศไทย) จำกัด https://www.container.co.th/contact.html		X
4	ปริมาณการขนส่งด้วยรถไฟต่อขบวนสูงสุด	เว็บไซต์การรถไฟแห่งประเทศไทย http://www.railway.co.th/main/service/freight/type-freight.html		X
5	อัตราค่าระวางสินค้าบนรถไฟคิดตามช่วงระยะทางการขนส่ง 301-400 กิโลเมตร	เว็บไซต์การรถไฟแห่งประเทศไทย http://www.railway.co.th/main/service/freight/rate-freight.html		X
9	ค่าขนถ่ายน้ำตาลขึ้นรถบรรทุกพ่วงหรือเทรลเลอร์ที่โรงงานน้ำตาล	เอกสารข้อมูลที่ได้รับจากโรงงานน้ำตาล		X

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (ต่อ)

ลำดับ	ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์	ที่มาของข้อมูล	ประเภทของข้อมูล	
			ข้อมูลปฐมภูมิ	ข้อมูลทุติยภูมิ
10	ค่า Intake ผลิตภัณฑ์น้ำตาลเข้าตู้คอนเทนเนอร์ที่อยู่บนรถไฟภายในโรงงานน้ำตาล	เอกสารข้อมูลที่ได้รับจากโรงงานน้ำตาล		X
11	ค่าจ้างเหมารถบรรทุกสินค้าทุกประเภท	เอกสารข้อมูลที่ได้รับจากโรงงานน้ำตาล		X
13	ค่าขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ด้วยรถไฟจากโรงงานน้ำตาลไป ICD	เอกสารข้อมูลของฝ่ายบริการสินค้า การรถไฟแห่งประเทศไทย		X
14	ค่าขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ด้วยรถไฟจาก ICD ไปท่าเรือแหลมฉบังพร้อมขนยกขึ้นเรือเดินสมุทร	เอกสารข้อมูลของฝ่ายบริการสินค้า การรถไฟแห่งประเทศไทย		X
12	ค่าขนน้ำตาลลงจากรถบรรทุกพ่วงหรือเทรลเลอร์ที่คลังสินค้า	ผู้จัดการฝ่ายปฏิบัติการ บริษัท ส่งออกน้ำตาลสยาม จำกัด	X	
15	ค่าเช่าคลังสินค้าต่อเดือน	ผู้จัดการฝ่ายปฏิบัติการ บริษัท ส่งออกน้ำตาลสยาม จำกัด	X	
16	ค่าขนถ่ายน้ำตาลจากคลังสินค้าลงเรือโป๊ะ	ผู้จัดการฝ่ายปฏิบัติการ บริษัท ส่งออกน้ำตาลสยาม จำกัด	X	
17	ค่าขนส่งโดยเรือโป๊ะถึงท่าเรือชายฝั่ง	ผู้จัดการฝ่ายปฏิบัติการ บริษัท ส่งออกน้ำตาลสยาม จำกัด	X	
18	ค่าขนถ่ายน้ำตาลจากเรือโป๊ะขึ้นเรือเดินสมุทร	ผู้จัดการฝ่ายปฏิบัติการ บริษัท ส่งออกน้ำตาลสยาม จำกัด	X	
19	ค่าขนถ่ายน้ำตาลจากคลังสินค้าขึ้นเรือเดินสมุทร	ผู้จัดการฝ่ายปฏิบัติการ บริษัท ส่งออกน้ำตาลสยาม จำกัด	X	
20	ราคาน้ำมันดีเซลเฉลี่ยปี พ.ศ. 2559	เว็บไซต์ธนาคารแห่งประเทศไทย หมวด ราคาสินค้าอุตสาหกรรมที่สำคัญรายปี		X
21	ระยะทางการเดินทางด้วยถนน	เครื่องมือ Google Maps ของเว็บไซต์ www.google.co.th		X

ตารางที่ 4.2 ต้นทุนและความสามารถที่เกี่ยวข้องกับคลังสินค้า และท่าเรือ (Table of cost, capacity of warehouse and seaport)

ที่	รายการ	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	หมายเหตุ
1	ค่าขนย้ายน้ำตาลทรายจากรถบรรทุกเข้าโกดัง หรือ จากโกดังลงเรือบรรทุกสินค้า (เรือโป๊ะและเรือเดินสมุทร)	180	180	180	185	190	205	1) หน่วย บาท/ตัน 2) ความสามารถในการบรรทุกของเรือโป๊ะสูงสุด 3,000 ตัน/ลำ (ปกติใช้เรือโป๊ะ 4 ลำต่อเรือลากจูง 1 ลำ)
2	ค่าเช่าโกดังสินค้า	19	19.2	19.4	24	24	55	1) หน่วย บาท/ตัน/เดือน 2) พื้นที่ 1 ตารางเมตร จัดเก็บน้ำตาลได้ 5 ตัน
3	ค่าขนส่งทางแม่น้ำเจ้าพระยาด้วยเรือโป๊ะไปท่าเรือพระประแดง จ.สมุทรปราการ	66	66	66	70	0	0	1) หน่วย บาท/ตัน 2) รวมค่าเรือลากจูงแล้ว (ค่าเรือลากจูง 9 บาท/ตัน)
4	ค่าขนส่งทางแม่น้ำด้วยเรือโป๊ะไปท่าเรือชายฝั่ง (ท่าเรือเกาะสีชัง จ.ชลบุรี)	80	80	80	85	86	0	1) หน่วย บาท/ตัน 2) รวมค่าเรือลากจูงแล้ว (ค่าเรือลากจูง 9 บาท/ตัน)
5	ค่าขนถ่ายน้ำตาลทรายดิบจากเรือโป๊ะขึ้นเรือเดินสมุทร (Marine Vessel)	29	29	29	29	29	0	หน่วย บาท/ตัน
6	ระยะกินน้ำลึกของท่าเทียบเรือ	4	4	4	7	8	14-16.5	หน่วย เมตร
7	ค่าธรรมเนียมการเทียบท่าของเรือเดินสมุทรที่ท่าเรือเดินสมุทรพระประแดง	0	0	0	0	8,000 – 10,000	0	หน่วย บาท/วัน

กำหนดให้

(1) = คลังบางไทร จ.พระนครศรีอยุธยา

(2) = คลังพัฒนภูมิ จ.พระนครศรีอยุธยา

(3) = คลังลัคกี้ จ.พระนครศรีอยุธยา

(4) = คลังอ่างทอง จ.อ่างทอง

(5) = คลังและท่าเรือเดินสมุทรพระประแดง จ. สมุทรปราการ

(6) = คลังและท่าเรือเดินสมุทรเคอร์รี่สยามซีพอร์ต จ.ชลบุรี

ตารางที่ 4.3 ค่าใช้จ่ายที่ ICD

ที่	รายการ	ค่าใช้จ่าย	หมายเหตุ
1	ค่าใช้จ่ายรับสินค้าลงจากรถบรรทุก	315 บาท/ตู้	สำหรับตู้คอนเทนเนอร์ทุกขนาด
2	ค่าเช่าคลังเก็บสินค้า	315 บาท/ตู้	สำหรับตู้คอนเทนเนอร์ทุกขนาด

หมายเหตุ ค่าเช่าคลังเก็บสินค้าคิดเป็นค่าคงที่ต่อตู้เนื่องจากที่ ICD มีกำหนดการรับเข้าส่งออกของตู้คอนเทนเนอร์แต่ละตู้ที่แน่นอน ซึ่งเป็นไปตามสัญญาระหว่าง ICD และบริษัทจัดการขนส่ง

ตารางที่ 4.4 อัตราค่าระวางขนส่งสินค้าทางรถไฟระหว่าง ICD-แหลมฉบัง หรือแหลมฉบัง-ICD

ประเภทตู้คอนเทนเนอร์	จำนวนตู้	ค่าระวางบนโบกี้บรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ (บทต.) 8 ล้อ (หน่วย: บาท)	
		ตู้คอนเทนเนอร์บรรจุสินค้า	ตู้เปล่า
		ICD-แหลมฉบัง แหลมฉบัง-ICD	ICD-แหลมฉบัง แหลมฉบัง-ICD
ตู้สินค้าขนาด 20 ฟุต	1	2,100	1,000
ตู้สินค้าขนาด 20 ฟุต	2	1,500	500
ตู้สินค้าขนาด 40 ฟุตขึ้นไป	1	2,100	1,000

สำหรับค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าออก (Export) ทางรถไฟจาก ICD ลาดกระบังถึงท่าเรือแหลมฉบัง จะประกอบด้วย 1) ค่า Rail transfer ICD 2) ค่าระวางสินค้า 3) ค่า Rail transfer ท่าเรือแหลมฉบัง และ 4) ค่าธรรมเนียมยานพาหนะผ่านท่าเรือ โดยจะแสดงดังตารางที่ 4.5 และเวลาที่ใช้ในกระบวนการต่างๆ สำหรับการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟจาก ICD ลาดกระบังถึงท่าเรือแหลมฉบัง จะแสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.5 วิธีการคำนวณค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าออก (Export) ทางรถไฟจาก ICD ลาดกระบัง ถึง ท่าเรือแหลมฉบัง

ลำดับ	รายละเอียด	ตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 20 ฟุต	ตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 40 ฟุตขึ้นไป
1	ค่า Rail transfer ICD หรือค่าใช้จ่ายในการยกขนสินค้าลงจากรถบรรทุกขึ้นรถไฟ	315 บาท	315 บาท
2	ค่าระวางบนโบกี้บรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ (บทต.) 8 ล้อ	1,500 บาท	2,100 บาท
3	ค่า Rail transfer ท่าเรือแหลมฉบัง หรือค่าใช้จ่ายในการยกขนสินค้าลงจากรถไฟขึ้นเรือบรรทุกสินค้า	315 บาท	315 บาท
4	ค่าธรรมเนียมยานพาหนะผ่านท่าเรือ	35 บาท	35 บาท
	รวม	**2,165** บาท	**2,765** บาท

ตารางที่ 4.6 เวลาการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟจาก ICD ลาดกระบัง ถึง ท่าเรือแหลมฉบัง

ลำดับ	รายละเอียด	เวลาที่ใช้ (นาที)
1	กระบวนการขนยกตู้คอนเทนเนอร์ขึ้นรถไฟ	60
2	กระบวนการด้านการเดินขบวนรถไฟ	30
3	กระบวนการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ	175
4	กระบวนการด้านการเดินขบวนรถไฟ	30
5	กระบวนการขนยกตู้คอนเทนเนอร์ลงจากรถไฟ	60
	รวม	355
		หรือประมาณ 6 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.7 ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟของบริษัท ทิฟฟ่า ไอซีดี จำกัด

ลำดับ	รายการ	ค่าใช้จ่าย (หน่วย: บาท)	
		ตู้คอนเทนเนอร์ 20 ฟุต	ตู้คอนเทนเนอร์ 40 ฟุต
1	อัตราค่าระวางสินค้าบนรถไฟ	1,500	2,100
2	ค่าขนยกตู้สินค้าลง – ขึ้นที่ ICD (บาท/การขึ้น - ลง)	500	900
3	ค่าขนยกตู้สินค้าลง – ขึ้นที่ ท่าเรือ (บาท/การขึ้น - ลง)	400	600

ตารางที่ 4.8 แสดงข้อมูลที่ได้รับจากโรงงานน้ำตาลพิษณุโลก

ภาค	จำนวนลูกค้า	จังหวัด (จำนวนลูกค้าในแต่ละจังหวัด)	ผู้รับผิดชอบการขนส่ง	ทางรถไฟตัดผ่าน	เวลาขนส่งด้วยรถบรรทุก	ค่าขนถ่ายขึ้นโดยใช้แรงงาน		ค่าขนถ่ายลงโดยใช้แรงงาน	
						ดิบ	ขาว	ดิบ	ขาว
เหนือ	17	พิษณุโลก (6)	ลูกค้า	✓	1 วัน	22 บาท/ตัน	20 บาท/ตัน	36 บาท/ตัน	45 บาท/ตัน
		พิจิตร (4)	ลูกค้า	✓					
		ลำพูน (1)	บริษัท	✓					
		เชียงใหม่ (1)	บริษัท	✓					
		ลำปาง (3)	บริษัท	✓					
		เชียงราย (1)	ลูกค้า	✗					
		เพชรบูรณ์ (1)	ลูกค้า	✗					
กลาง	6	นครสวรรค์ (2)	ลูกค้า	✓					
		สมุทรสงคราม (1)	ลูกค้า	✓					
		กำแพงเพชร (1)	ลูกค้า	✗					
		กรุงเทพมหานคร (1)	ลูกค้า	✓					
		นครปฐม (1)	บริษัท	✓					
ตะวันออก	1	ปราจีนบุรี (1)	บริษัท	✓					
รวม	**24**			**10**					

ตารางที่ 4.9 ข้อมูลประเภทรถ และความจุของรถแต่ละประเภท

ประเภทรถที่ใช้ในการขนส่ง	ความจุ (ตัน)
รถกระบะ 4 ล้อ	5
รถบรรทุก 6 ล้อ	10
รถบรรทุก 10 ล้อ	15
รถบรรทุกพ่วง และเทรลเลอร์	30

จากการหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับรถบรรทุกในประเทศไทยพบว่า รถบรรทุกพ่วงและรถเทรลเลอร์เป็นรถบรรทุกที่สามารถบรรทุกได้มากที่สุดเฉลี่ย 25-30 ตัน ซึ่งแตกต่างกันตามลักษณะการออกแบบ แต่น้ำหนักบรรทุกรวมตัวรถสูงสุดต้องไม่เกิน 53 ตัน ตามกฎหมายกำหนด

ผู้วิจัยจะค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimal solution) ผ่านตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model) โดยตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นจะเป็นสมการต้นทุนรวมของการขนส่ง ตารางที่ 4.10 แสดงตัวแปรทราบค่า พร้อมทั้งวิธีคำนวณค่าจากตัวแปรทราบค่าที่จะนำไปใช้ในตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ตารางที่ 4.11 แสดงการกำหนดค่าให้ตัวแปรทราบค่า และคำนวณค่าจากตัวแปรทราบค่าตามสูตร และตารางที่ 4.12 แสดงตัวอย่างการใช้สูตรเพื่อคิดต้นทุนรวมโดยแบ่งการขนส่งออกเป็น 4 กรณี ดังนี้

การขนส่งกรณีที่ 1 เป็นการคำนวณต้นทุนกรณีใช้การขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลด้วยรถบรรทุกพ่วงหรือเทรลเลอร์จากโรงงานน้ำตาลไปจัดเก็บยังคลังสินค้าเอกชน ก่อนส่งต่อไปที่ท่าเรือเดินสมุทรด้วยเรือโป๊ะ

การขนส่งกรณีที่ 2 เป็นการคำนวณต้นทุนกรณีใช้การขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลด้วยรถบรรทุกพ่วงหรือเทรลเลอร์จากโรงงานไปที่ท่าเรือเดินสมุทรโดยตรง

การขนส่งกรณีที่ 3 เป็นการคำนวณต้นทุนกรณีใช้การขนส่งด้วยรถไฟจากโรงงานน้ำตาลไปยังสถานีบรรจุและแยกสินค้ากล่องลาดกระบัง (ICD) และส่งด้วยรถไฟจาก ICD ไปที่ท่าเรือแหลมฉบัง

ตารางที่ 4.10 แสดงตัวแปรทราบค่า และวิธีคำนวณค่าจากตัวแปรทราบค่าที่จะนำไปใช้ในตัวแบบทางคณิตศาสตร์

ลำดับ	ตัวแปรทราบค่า	ค่าของตัวแปร	หน่วย
1	ปริมาณผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายที่ถูกส่งออกทางท่าเรือเดินสมุทรที่ใช้ในตัวแบบทางคณิตศาสตร์	X_1	ตัน/ปี
2	จำนวนเที่ยวการขนส่งน้ำตาลไปยังคลังสินค้าด้วยรถบรรทุกพ่วงหรือเทรลเลอร์ (30 ตัน/เที่ยว)	$X_2 = X_1/30$	เที่ยว/ปี
3	น้ำหนักบรรจุตู้ของตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 20 ฟุต สูงสุด	X_3	ตัน/ตู้
4	ปริมาณการขนส่งด้วยรถไฟต่อขบวนสูงสุด (1 เที่ยว)	X_4	ตัน/เที่ยว
5	อัตราค่าระวางสินค้าบนรถไฟคิดตามช่วงระยะทางการขนส่ง 301-400 กิโลเมตร	X_5	บาท/ตู้
6	จำนวนตู้คอนเทนเนอร์บนรถไฟสูงสุดต่อขบวน	$X_6 = X_4/X_3$	ตู้/เที่ยว
7	จำนวนเที่ยวการขนส่งด้วยรถไฟรวมทั้งหมด	$X_7 = X_1/(X_3*X_6)$	เที่ยว/ปี
8	จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ถูกขนส่งด้วยรถไฟรวมทั้งหมด	$X_8 = X_7*X_6$	ตู้/ปี
9	ราคาน้ำมันดีเซลเฉลี่ยปี พ.ศ. 2559	23.50	บาท/ลิตร

ตารางที่ 4.11 แสดงการกำหนดค่าให้ตัวแปรทราบค่า และคำนวณค่าจากตัวแปรทราบค่าตามสูตร

ลำดับ	ตัวแปรทราบค่า	ค่าของตัวแปร	หน่วย
1	ปริมาณผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายที่ถูกส่งออกทางท่าเรือเดินสมุทรที่ใช้ในตัวแบบทางคณิตศาสตร์	141,152.50	ตัน/ปี
2	จำนวนเที่ยวการขนส่งน้ำตาลไปยังคลังสินค้าด้วยรถบรรทุกพ่วงหรือเทรลเลอร์ (30 ตัน/เที่ยว)	4,706.00	เที่ยว/ปี
3	น้ำหนักบรรจุตู้ของตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 20 ฟุต สูงสุด	21.70	ตัน/ตู้
4	ปริมาณการขนส่งด้วยรถไฟต่อขบวนสูงสุด (1 เที่ยว)	800.00	ตัน/เที่ยว
5	อัตราค่าระวางสินค้าบนรถไฟคิดตามช่วงระยะทางการขนส่ง 301-400 กิโลเมตร	5,130.00	บาท/ตู้
6	จำนวนตู้คอนเทนเนอร์บนรถไฟสูงสุดต่อขบวน	36.00	ตู้/เที่ยว
7	จำนวนเที่ยวการขนส่งด้วยรถไฟรวมทั้งหมด	181.00	เที่ยว/ปี
8	จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ถูกขนส่งด้วยรถไฟรวมทั้งหมด	6,516.00	ตู้/ปี
9	ราคาน้ำมันดีเซลเฉลี่ยปี พ.ศ. 2559	23.50	บาท/ลิตร

ตารางที่ 4.12 แสดงตัวอย่างวิธีการคิดต้นทุนรวมกรณีที่ 1-3

ลำดับ	ต้นทุนที่ใช้ในตัวแบบทางคณิตศาสตร์	การขนส่งกรณีที่ 1		การขนส่งกรณีที่ 2		การขนส่งกรณีที่ 3		หน่วย	
		ต้นทุน	ต้นทุนรวม	ต้นทุน	ต้นทุนรวม	ต้นทุน	ต้นทุนรวม	ต้นทุน	ต้นทุนรวม
1	ค่าขนถ่ายน้ำตาลขึ้นรถบรรทุกพ่วงหรือเทรลเลอร์ที่โรงงานน้ำตาล	X_9	$X_{16} = X_9*X_1$	X_{23}	$X_{28} = X_{23}*X_1$			บาท/ตัน	บาท/ปี
2	ค่า Intake ผลิตภัณฑ์น้ำตาลเข้าตู้คอนเทนเนอร์ที่อยู่บนรถไฟภายในโรงงานน้ำตาล					$X_{33}=X_9*X_3$	$X_{35} = X_{33}*X_8$	บาท/ตู้	บาท/ปี
3	ค่าจ้างเหมารถบรรทุกพ่วงหรือเทรลเลอร์	X_{10}	$X_{17} = X_{10}*X_2$	X_{24}	$X_{29} = X_{24}*X_2$			บาท/เที่ยว	บาท/ปี
4	ค่าขนน้ำตาลลงจากรถบรรทุกพ่วงหรือเทรลเลอร์ที่คลังสินค้า	X_{11}	$X_{18} = X_{11}*X_1$	X_{25}	$X_{30} = X_{25}*X_1$			บาท/ตัน	บาท/ปี
5	ค่าขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ด้วยรถไฟจากโรงงานน้ำตาลไป ICD					X_5	$X_{36} = X_5*X_8$	บาท/ตู้	บาท/ปี
6	ค่าขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ด้วยรถไฟจาก ICD ไปท่าเรือแหลมฉบังพร้อมขนยกขึ้นเรือเดินสมุทร					X_{34}	$X_{37} = X_{34}*X_8$	บาท/ตู้	บาท/ปี
7	ค่าเช่าคลังสินค้าต่อเดือน	X_{12}	$X_{19} = X_{12}*X_1$	X_{26}	$X_{31} = X_{26}*X_1$			บาท/ตัน	บาท/ปี
8	ค่าขนถ่ายน้ำตาลจากคลังสินค้าลงเรือโป๊ะ	X_{13}	$X_{20} = X_{13}*X_1$					บาท/ตัน	บาท/ปี
9	ค่าขนส่งโดยเรือโป๊ะถึงท่าเรือชายฝั่ง	X_{14}	$X_{21} = X_{14}*X_1$					บาท/ตัน	บาท/ปี
10	ค่าขนถ่ายน้ำตาลจากเรือโป๊ะขึ้นเรือเดินสมุทร	X_{15}	$X_{22} = X_{15}*X_1$					บาท/ตัน	บาท/ปี
11	ค่าขนถ่ายน้ำตาลจากคลังสินค้าขึ้นเรือเดินสมุทร			X_{27}	$X_{32} = X_{27}*X_1$			บาท/ตัน	บาท/ปี

4.4 การพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล

การพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลมีจุดประสงค์เพื่อหารูปแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่เหมาะสมที่สุด กล่าวคือ รูปแบบที่มีมีต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุด ทั้งนี้ ในการพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์จะต้องกำหนดข้อตกลงเบื้องต้น ฟังก์ชันเป้าประสงค์ การกำหนดเซตและดัชนี ตัวแปรทราบค่า ตัวแปรตัดสินใจ และเงื่อนไขบังคับ ดังต่อไปนี้

4.4.1 ข้อตกลงเบื้องต้น (Assumptions)

1. การขนส่งใช้บริการจากผู้ให้บริการโลจิสติกส์ (Logistics Service Provider: LSP) ดังนั้นจึงมีจำนวนพาหนะขนส่งเพียงพอต่อความต้องการเสมอ

2. ปริมาณน้ำตาลที่ส่งออกต้องครบตามปริมาณสั่งซื้อของลูกค้า

3. ต้นทุนการขนส่งแต่ละเส้นทางประกอบด้วย ต้นทุนการดำเนินงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด เช่น ค่าขนยกขึ้น - ลง ค่าจ้างพาหนะขนส่งสินค้า ค่าฝากสินค้าที่คลังสินค้าเอกชน เป็นต้น

4. กรณีการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลเพื่อการส่งออกทุกรูปแบบการขนส่งยกเว้นรถไฟผลิตภัณฑ์น้ำตาลต้องถูกนำมาฝากไว้ที่คลังสินค้าเอกชนก่อนเสมอ

5. กรณีขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลด้วยรถไฟต้องขนส่งโดยใช้ตู้คอนเทนเนอร์เท่านั้น และกำหนดให้มีจุดเริ่มต้นที่โรงงานน้ำตาลที่มีระบบรางเชื่อมกับรางรถไฟของการรถไฟแห่งประเทศไทยส่งไปที่สถานีบรรจุและแยกสินค้ากล่อง (ICD) เป็นลำดับแรกโดยไม่ขนยกตู้คอนเทนเนอร์ลงจากรถไฟจากนั้นจึงขนส่งด้วยรถไฟต่อไปยังท่าเรือแหลมฉบังเพื่อขนยกขึ้นเรือเดินสมุทร

6. คลังสินค้าเอกชนแห่งหนึ่งๆ สามารถรองรับผลิตภัณฑ์น้ำตาลได้ตามปริมาณที่ถูกจัดส่งมาได้ทั้งหมด

7. น้ำตาลไม่สูญหายระหว่างการขนส่ง

8. ปริมาณน้ำตาลที่ถูกส่งออกมาจากคลังสินค้านั้นๆ ต้องเท่ากับน้ำตาลที่ถูกนำมาจัดเก็บไว้ในคลังสินค้าแต่ละแห่ง

9. เนื่องจากใช้คลังสินค้าเอกชน จึงไม่มีต้นทุนคงที่ (Fixed cost) ด้านคลังสินค้า

10. การซื้อขายน้ำตาลเป็นไปตามเงื่อนไข FOB (Free on board)

4.4.2 กำหนดเซตและดัชนี

Set	Description	Indices
I	โรงงานน้ำตาล	i = 1
J	คลังสินค้า	j = 1 คลังสินค้าบางไทร
		j = 2 คลังสินค้าลัคกี้
		j = 3 คลังสินค้าพัฒนภูมิ
		j = 4 คลังสินค้าอ่างทอง
		j = 5 คลังสินค้าท่าเรือเคอร์รี่
		j = 6 คลังสินค้าท่าเรือพระประแดง
		j = 7 คลังสินค้าท่าเรือแหลมฉบัง
K	ท่าเรือ	k = 1 ท่าเรือเคอร์รี่ สยามซีพอร์ต
		k = 2 ท่าเรือเกาะสีชัง
		k = 3 ท่าเรือพระประแดง
L	ท่าเรือแหลมฉบัง	L = 1 ท่าเรือแหลมฉบัง
Z	ICD	z = 1
M	รูปแบบการขนส่ง	m = 1 คือ รถกระบะ
		m = 2 คือ รถบรรทุก 6 ล้อ
		m = 3 รถบรรทุก 10 ล้อ
		m = 4 รถบรรทุก 10 ล้อพ่วง และเทรลเลอร์
		m = 5 เรือโป๊ะ
		m = 6 รถไฟ

4.4.3 ตัวแปรทราบค่า (Parameters)

$\mathbf{C}_{ikm}$ ต้นทุนที่เกิดขึ้นจากต้นทุนค่าขนส่ง ค่าขนถ่ายขึ้น-ลง และค่าฝากสินค้าไว้ที่คลังสินค้า กรณีขนส่งจากโรงงาน i ไปยังท่าเรือ k โดยใช้รูปแบบการขนส่ง m

$\mathbf{C}_{ijm}$ ต้นทุนที่เกิดขึ้นจากต้นทุนค่าขนส่ง ค่าขนถ่ายขึ้น-ลง และค่าฝากสินค้าไว้ที่คลังสินค้า กรณีขนส่งจากโรงงาน i ไปยังคลังสินค้า j โดยใช้รูปแบบการขนส่ง m

C_{jkm} ต้นทุนที่เกิดขึ้นจากต้นทุนค่าขนส่ง ค่าขนถ่ายขึ้น-ลง และค่าฝากสินค้าไว้ที่คลังสินค้า กรณีขนส่งจากคลังสินค้า j ไปยังท่าเรือ k โดยใช้รูปแบบการขนส่ง m

C_{izm} ต้นทุนที่เกิดขึ้นจากต้นทุนค่าขนส่ง ค่าขนถ่ายขึ้น-ลง และค่าฝากสินค้าไว้ที่คลังสินค้า กรณีขนส่งจากโรงงาน i ไปยังสถานีบรรจุ และแยกสินค้ากล่อง (ICD) z โดยใช้รูปแบบการขนส่ง m

C_{zlm} ต้นทุนที่เกิดขึ้นจากต้นทุนค่าขนส่ง ค่าขนถ่ายขึ้น-ลง และค่าฝากสินค้าไว้ที่คลังสินค้า กรณีขนส่งจากสถานีบรรจุ และแยกสินค้ากล่อง (ICD) z ไปยังท่าเรือแหลมฉบัง l โดยใช้รูปแบบการขนส่ง m

4.4.4 ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

$$\alpha_{ikm}\begin{cases}1 & \text{,ถ้ามีการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลจากโรงงาน i ไปท่าเรือ k ด้วยรูปแบบการขนส่ง m}\\ 0 & \text{,อื่นๆ}\end{cases}$$

$$\beta_{ijm}\begin{cases}1 & \text{,ถ้ามีการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลจากโรงงาน i ไปยังคลังสินค้า j ด้วยรูปแบบการขนส่ง m}\\ 0 & \text{,อื่นๆ}\end{cases}$$

$$\gamma_{jkm}\begin{cases}1 & \text{,ถ้ามีการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลจากคลังสินค้า j ไปยังท่าเรือ k ด้วยรูปแบบการขนส่ง m}\\ 0 & \text{,อื่นๆ}\end{cases}$$

$$\tau_{izm}\begin{cases}1 & \text{,ถ้ามีการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลจากโรงงาน i ไปยัง ICD z ด้วยรูปแบบการขนส่ง m}\\ 0 & \text{,อื่นๆ}\end{cases}$$

$$\theta_{zlm}\begin{cases}1 & \text{,ถ้ามีการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล ICD z ไปยังท่าเรือแหลมฉบัง l ด้วยรูปแบบการขนส่ง m}\\ 0 & \text{,อื่นๆ}\end{cases}$$

4.4.5 ฟังก์ชันเป้าประสงค์ (Objective function)

เป็นการค้นหาต้นทุนที่น้อยที่สุดของการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลเพื่อการส่งออกโดยมีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ต่อไปนี้

$$\text{MinZ} = \sum_{i=1}^{3}\sum_{k=1}^{6}\sum_{m=1}^{6} C_{ikm}\alpha_{ikm} + \sum_{i=1}^{6}\sum_{j=1}^{6}\sum_{m=1}^{6} C_{ijm}\beta_{ijm} + \sum_{j=1}^{6}\sum_{k=1}^{3}\sum_{m=1}^{6} C_{jkm}\gamma_{jkm} + \sum_{i=1}^{}\sum_{z=1}^{}\sum_{m=1}^{6} C_{izm}\tau_{izm}$$

$$+ \sum_{z=1}^{}\sum_{l=1}^{}\sum_{m=1}^{6} C_{zlm}\theta_{zlm}$$

4.4.6 เงื่อนไขบังคับ (Constraints)

4.4.6.1 ข้อจำกัดการเลือกรูปแบบการขนส่ง เลือกได้เพียง 1 รูปแบบ

1. รูปแบบการขนส่งที่ออกจากโรงงานน้ำตาล (ออกจาก i =1)

$$\sum_{i}\sum_{j}\sum_{m}\beta_{ijm}+\sum_{i}\sum_{k}\sum_{m}\alpha_{ikm}+\sum_{i}\sum_{z}\sum_{m}\tau_{izm}=1$$

2. รูปแบบการขนส่งที่ออกจากคลังสินค้า จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อคลังสินค้าถูกเลือกเป็นทางผ่าน (ออกจาก j)

$$\sum_{i}\sum_{m}\beta_{ijm}=\sum_{k}\sum_{m}\gamma_{jkm} \qquad ;\forall j$$

3. รูปแบบการขนส่งที่ออกจาก ICD จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อ ICD ถูกเลือกเป็นทางผ่าน

$$\sum_{i}\sum_{m}\tau_{izm}=\sum_{k}\sum_{m}\theta_{zkm} \qquad ;\forall z$$

4.4.6.2 ข้อจำกัดด้านรูปแบบการขนส่ง ซึ่งบนบางเส้นทางที่ไม่สามารถใช้รูปแบบการขนส่งบางรูปแบบได้ จึงกำหนดตัวแปรทราบมีค่าเท่ากับจำนวนเต็มบวกที่มีค่ามากที่สุด (Lager Positive Integer) จึงจะส่งผลให้โปรแกรมไม่เลือกเส้นทางนั้นๆ เป็นคำตอบ

$$\sum_{i=1}^{3}\sum_{k=1}^{6}\sum_{m=1}^{6}C_{ikm}=B \quad ;k=3,m\geq 5,\forall i$$

$$\sum_{i=1}^{6}\sum_{j=1}^{6}\sum_{m=1}^{6}C_{ijm}=B \quad ;j\geq 5,m\geq 5$$

$$\sum_{j=1}^{6}\sum_{k=1}^{3}\sum_{m=1}^{6}C_{jkm}=B \quad ;j\geq 5,\forall k,\forall m$$

$$\sum_{j=1}^{6}\sum_{k=1}^{3}\sum_{m=1}^{6} c_{jkm} = B \quad ; j \le 4, k = 3, m \in V$$

$$\sum_{i=1}\sum_{z=1}\sum_{m=1}^{6} c_{izm} = B \quad ; m = 1,2,3,4,5$$

$$\sum_{z=1}\sum_{l=1}\sum_{m=1}^{6} c_{zlm} = B \quad ; m = 1,2,3,4,5$$

$$\sum_{i=1}\sum_{j=1}^{6}\sum_{m=1}^{6} \gamma_{jkm} = \beta_{ijm} \quad ; \forall i, j, k, m$$

$$\sum_{i=1}\sum_{z=1}\sum_{l=1}\sum_{m=1}^{6} \theta_{zlm} = \tau_{izm} \quad ; \forall i, z, l, m$$

$$\alpha_{ikm}, \beta_{ijm}, \gamma_{jkm}, \tau_{izm}, \theta_{zlm} \in \{0,1\}$$

4.5 การวิเคราะห์ อภิปราย ผลการหาคำตอบสำหรับแนวทางการขนส่งที่เพิ่มความได้เปรียบในการแข่งขันสำหรับผลิตภัณฑ์น้ำตาล

สำหรับผลการหาคำตอบเพื่อหาแนวทางการขนส่งที่เพิ่มความได้เปรียบในการแข่งขันสำหรับผลิตภัณฑ์น้ำตาล ทางผู้วิจัยได้แบ่งเป็นด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

4.5.1 ด้านต้นทุน

คณะผู้วิจัยได้เลือกใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Gurobi ค้นหาคำตอบของเส้นทางและรูปแบบการขนส่งที่ให้ต้นทุนต่ำที่สุดจากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น ผลการค้นหาคำตอบจากพบว่า ถ้าเลือกใช้การขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลด้วยรถบรรทุกพ่วงหรือเทรลเลอร์จากโรงงานน้ำตาลไปจัดเก็บไว้ที่คลังสินค้าเอกชนก่อนส่งต่อไปที่ท่าเรือเดินสมุทรด้วยเรือโป๊ะ (การขนส่งกรณีที่ 1) การขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลจากโรงงานน้ำตาลพิษณุโลกไปจัดเก็บไว้ที่คลังสินค้าอ่างทองด้วยรถบรรทุกพ่วงหรือรถเทรลเลอร์ แล้วจึงขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลไปยังท่าเรือพระประแดงด้วยเรือโป๊ะก่อนขนถ่ายลงเรือเดินสมุทรนั้นเป็นเส้นทางที่มีต้นทุนที่ต่ำที่สุดเท่ากับ 87,975,877.91 บาท หรือคิดเป็น 623.27 บาทต่อตัน

ถ้าเลือกใช้การขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลด้วยรถบรรทุกพ่วงหรือเทรลเลอร์จากโรงงานไปที่ท่าเรือเดินสมุทรโดยตรง (การขนส่งกรณีที่ 2) การขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลจากโรงงานน้ำตาลพิษณุโลก

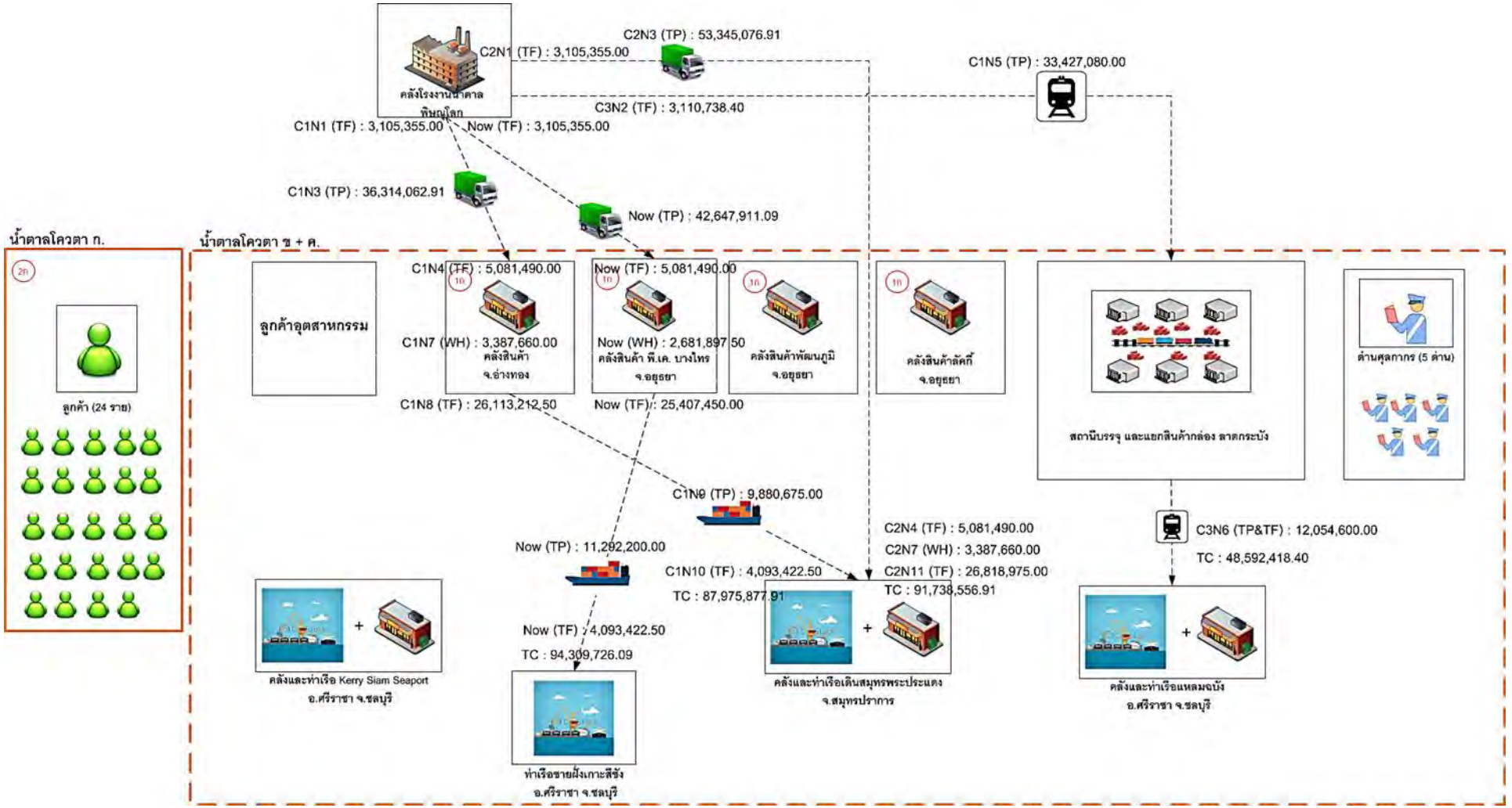
ไปยังท่าเรือพระประแดงโดยตรงด้วยรถบรรทุกพ่วงหรือรถเทรลเลอร์เพื่อจัดเก็บไว้ที่คลังสินค้าภายในท่าเรือก่อนแล้วจึงรอเวลาขนถ่ายขึ้นเรือเดินสมุทรนั้นเป็นเส้นทางที่มีต้นทุนที่ต่ำที่สุดเท่ากับ 91,738,556.91 บาท หรือคิดเป็น 649.93 บาทต่อตัน

ถ้าเลือกใช้การขนส่งด้วยรถไฟจากโรงงานน้ำตาลไปยังสถานีบรรจุและแยกสินค้ากล่องลาดกระบัง (ICD) และส่งด้วยรถไฟจาก ICD ไปที่ท่าเรือแหลมฉบัง (การขนส่งกรณีที่ 3) การขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลจากโรงงานน้ำตาลพิษณุโลกด้วยรถไฟไปที่ ICD และส่งต่อจาก ICD ไปยังท่าเรือแหลมฉบังด้วยรถไฟก่อนขนยกตู้คอนเทนเนอร์ขึ้นเรือเดินสมุทรนั้นมีต้นทุนที่ต่ำที่สุดเท่ากับ 48,592,418.40 บาท หรือคิดเป็น 344.25 บาทต่อตัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าการขนส่งกรณีที่ 3 เป็นการขนส่งที่ให้ต้นทุนที่ต่ำที่สุด

ทั้งนี้ เส้นทางและรูปแบบการขนส่งที่โรงงานน้ำตาลพิษณุโลกใช้อยู่ในปัจจุบันคือ การขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลจากโรงงานพิษณุโลกไปจัดเก็บไว้ที่คลังสินค้าเอกชนด้วยรถบรรทุกพ่วงหรือเทรลเลอร์ก่อน แล้วจึงขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลไปที่ท่าเรือเกาะสีชังด้วยเรือโป๊ะก่อนขนถ่ายขึ้นเรือเดินสมุทรเป็นเส้นทางหลัก เส้นทางการขนส่งนี้มีต้นทุนรวมเท่ากับ 94,309,726.09 บาท หรือคิดเป็น 668.14 บาทต่อตัน ตารางที่ 4.13 และภาพที่ 4.6 แสดงต้นทุนการขนส่งที่ดีที่สุดของการขนส่งกรณีการขนส่งที่ 1 กรณีการขนส่งที่ 2 และกรณีการขนส่งที่ 3 ส่วนตารางที่ 4.14 แสดงองค์ประกอบของต้นทุนการขนส่งในแต่ละกรณี และตารางที่ 4.15 แสดงองค์ประกอบของเวลาในการดำเนินงานของแต่ละกรณี

ตารางที่ 4.13 แสดงต้นทุนการขนส่งที่ดีที่สุดของการขนส่งแต่ละกรณี

กรณีการขนส่งที่	จาก	ไปยัง	โดยพาหนะ	ต้นทุนโดยรวม (บาท)	ต้นทุนเฉลี่ย (บาท/ตัน)
1	โรงงานน้ำตาพิษณุโลก	คลังสินค้าอ่างทอง	รถบรรทุกพ่วง/เทรลเลอร์	47,888,567.91	623.27
	คลังสินค้าอ่างทอง	ท่าเรือพระประแดง	เรือโป๊ะ	40,087,310.00	
รวม				87,975,877.91	
2	โรงงานน้ำตาลพิษณุโลก	ท่าเรือพระประแดง	รถบรรทุกพ่วง/เทรลเลอร์	91,738,556.91	649.93
รวม				91,738,556.91	
3	โรงงานน้ำตาพิษณุโลก	ICD	รถไฟ	36,537,818.40	344.25
	ICD	ท่าเรือแหลมฉบัง	รถไฟ	12,054,600.00	
รวม				48,592,418.40	
ปัจจุบัน	โรงงานน้ำตาลพิษณุโลก	คลังสินค้าบางไทร	รถบรรทุกพ่วง/เทรลเลอร์	53,516,653.59	668.14
	คลังสินค้าบางไทร	ท่าเรือเกาะสีชัง	เรือโป๊ะ	40,793,072.50	
รวม				94,309,726.09	



ภาพที่ 4.6 แสดงต้นทุนการขนส่งในเส้นทางปัจจุบันและต้นทุนรวมที่ดีที่สุดของการขนส่งแต่ละกรณี (หน่วย: บาท)

ตารางที่ 4.14 แสดงองค์ประกอบของต้นทุนรวมของการขนส่งในแต่ละกรณี

ลำดับ	ต้นทุนที่ใช้ในตัวแบบทางคณิตศาสตร์	การขนส่งกรณีที่ 1		การขนส่งกรณีที่ 2		การขนส่งกรณีที่ 3		หน่วย	
		ต้นทุน	ต้นทุนรวม	ต้นทุน	ต้นทุนรวม	ต้นทุน	ต้นทุนรวม	ต้นทุน	ต้นทุนรวม
1	ค่าขนถ่ายน้ำตาลขึ้นรถบรรทุกพ่วงหรือเทรลเลอร์ที่โรงงานน้ำตาล (TF)	22.00	3,105,355.00	22.00	3,105,355.00			บาท/ตัน	บาท/ปี
2	ค่า Intake ผลิตภัณฑ์น้ำตาลเข้าตู้คอนเทนเนอร์ที่อยู่บนรถไฟภายในโรงงานน้ำตาล (TF)					477.40	3,110,738.40	บาท/ตู้	บาท/ปี
3	ค่าจ้างเหมารถบรรทุกพ่วงหรือเทรลเลอร์ (TF)	7,716.55	36,314,062.91	11,335.55	53,345,076.91			บาท/เที่ยว	บาท/ปี
4	ค่าขนน้ำตาลลงจากรถบรรทุกพ่วงหรือเทรลเลอร์ที่คลังสินค้า(TF)	36.00	5,081,490.00	36.00	5,081,490.00			บาท/ตัน	บาท/ปี
5	ค่าขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ด้วยรถไฟจากโรงงานน้ำตาลไป ICD (TP)					5,130.00	33,427,080.00	บาท/ตู้	บาท/ปี
6	ค่าขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ด้วยรถไฟจาก ICD ไปท่าเรือแหลมฉบังพร้อมขนยกขึ้นเรือเดินสมุทร (TP&TF)					1,850.00	12,054,600.00	บาท/ตู้	บาท/ปี
7	ค่าเช่าคลังสินค้าต่อเดือน (WH)	24.00	3,387,660.00	24.00	3,387,660.00			บาท/ตัน	บาท/ปี
8	ค่าขนถ่ายน้ำตาลจากคลังสินค้าลงเรือโป๊ะ (TF)	185.00	26,113,212.50					บาท/ตัน	บาท/ปี
9	ค่าขนส่งโดยเรือโป๊ะถึงท่าเรือชายฝั่ง (TP)	70.00	9,880,675.00					บาท/ตัน	บาท/ปี
10	ค่าขนถ่ายน้ำตาลจากเรือโป๊ะขึ้นเรือเดินสมุทร (TF)	29.00	4,093,422.50					บาท/ตัน	บาท/ปี
11	ค่าขนถ่ายน้ำตาลจากคลังสินค้าขึ้นเรือเดินสมุทร (TF)			190.00	26,818,975.00			บาท/ตัน	บาท/ปี
	รวม		87,975,877.91		91,738,556.91		48,592,418.40		บาท

ตารางที่ 4.15 แสดงองค์ประกอบของเวลาในการดำเนินงานของแต่ละกรณี

ลำดับ	รายละเอียดกิจกรรมการขนส่ง	เวลาดำเนินงาน					
		การขนส่งกรณีที่ 1 (ส่งผ่านคลัง)		การขนส่งกรณีที่ 2 (ส่งตรง)		การขนส่งกรณีที่ 3 (ส่งด้วยรถไฟ)	
		ระยะเวลา	หน่วยของเวลา	ระยะเวลา	หน่วยของเวลา	ระยะเวลา	หน่วยของเวลา
1	การขนถ่ายน้ำตาลขึ้นรถบรรทุกพ่วงหรือเทรลเลอร์ที่โรงงานน้ำตาล	แล้วแต่ประเภทของอุปกรณ์ขนถ่ายสินค้า		แล้วแต่ประเภทของอุปกรณ์ขนถ่ายสินค้า			
2	การ Intake ผลิตภัณฑ์น้ำตาลเข้าตู้คอนเทนเนอร์ที่อยู่บนรถไฟภายในโรงงานน้ำตาล					แล้วแต่ประเภทของอุปกรณ์ขนถ่ายสินค้า	
3	การขนส่งด้วยรถบรรทุกพ่วงหรือเทรลเลอร์ (ที่มาด้านเวลา: เก็บข้อมูลจากการเข้าศึกษาดูงานที่โรงงานน้ำตาล)	1	วัน	1	วัน		
4	การขนน้ำตาลลงจากรถบรรทุกพ่วงหรือเทรลเลอร์ที่คลังสินค้า	แล้วแต่ประเภทของอุปกรณ์ขนถ่ายสินค้า		แล้วแต่ประเภทของอุปกรณ์ขนถ่ายสินค้า			
5	การขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ด้วยรถไฟจากโรงงานน้ำตาลไป ICD (ที่มาด้านเวลา: การประมาณค่าความเป็นไปได้โดยอ้างอิงจาก Google maps)					10	ชั่วโมง
6	การขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ด้วยรถไฟจาก ICD ไปท่าเรือแหลมฉบังพร้อมขนยกขึ้นเรือเดินสมุทร (ที่มาด้านเวลา: เอกสารข้อมูลของฝ่ายบริการสินค้า การรถไฟแห่งประเทศไทย)					6	ชั่วโมง
7	การฝากผลิตภัณฑ์น้ำตาลไว้ที่คลังสินค้า	n/a	n/a	n/a	n/a		
8	การขนถ่ายน้ำตาลจากคลังสินค้าลงเรือโป๊ะ	แล้วแต่ประเภทของอุปกรณ์ขนถ่ายสินค้า		แล้วแต่ประเภทของอุปกรณ์ขนถ่ายสินค้า			

ตารางที่ 4.15 แสดงองค์ประกอบของเวลาในการดำเนินงานของแต่ละกรณี (ต่อ)

ลำดับ	รายละเอียดกิจกรรมการขนส่ง	เวลาดำเนินงาน					
		การขนส่งกรณีที่ 1 (ส่งผ่านคลัง)		การขนส่งกรณีที่ 2 (ส่งตรง)		การขนส่งกรณีที่ 3 (ส่งด้วยรถไฟ)	
		ระยะเวลา	หน่วยของเวลา	ระยะเวลา	หน่วยของเวลา	ระยะเวลา	หน่วยของเวลา
9	การขนส่งโดยเรือโป๊ะถึงท่าเรือชายฝั่ง (ที่มาด้านเวลา: ผู้จัดการฝ่ายปฏิบัติการ บริษัท ส่งออกน้ำตาลสยาม จำกัด)	8-10		วัน			
10	การขนถ่ายน้ำตาลจากเรือโป๊ะขึ้นเรือเดินสมุทร	แล้วแต่ประเภทของอุปกรณ์ขนถ่ายสินค้า					
11	การขนถ่ายน้ำตาลจากคลังสินค้าขึ้นเรือเดินสมุทร			แล้วแต่ประเภทของอุปกรณ์ขนถ่ายสินค้า			

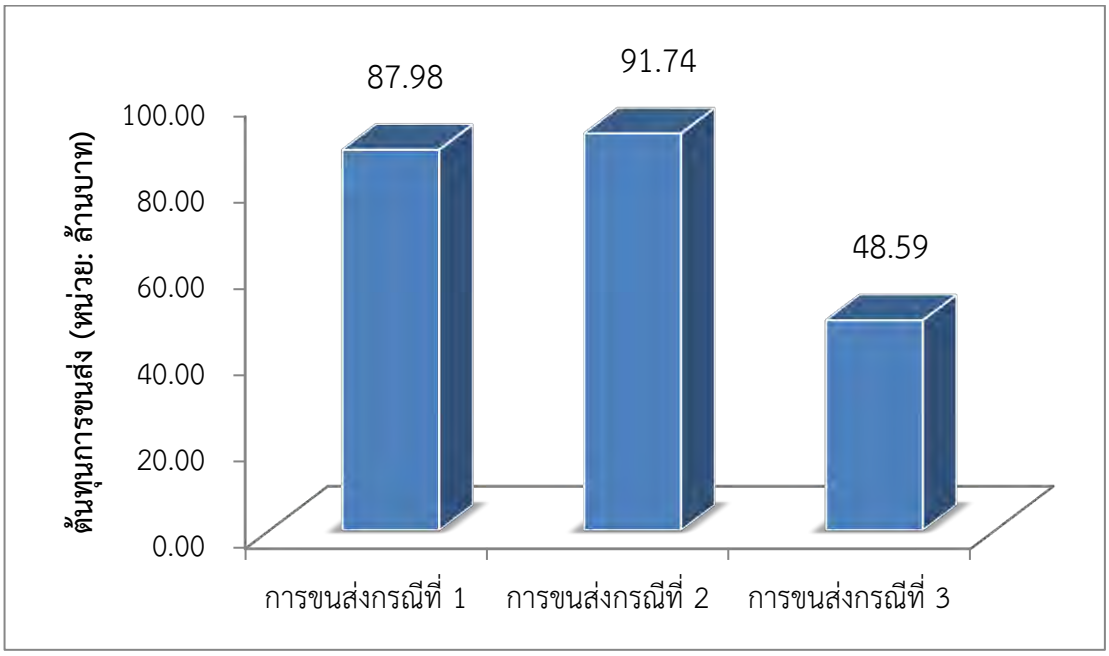
การวิเคราะห์และอภิปรายต้นทุนการขนส่งจะแบ่งการขนส่งออกเป็น 3 กรณี โดยมีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 4.16 หัวข้อนี้คณะผู้วิจัยจะวิเคราะห์และอภิปรายในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการเปรียบเทียบต้นทุนรวม สัดส่วนของต้นทุนรวม การวิเคราะห์ความไว ข้อดีและข้อเสียของการขนส่งแต่ละกรณี ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.16 แสดงคำย่อพร้อมคำอธิบายของการขนส่งแต่ละกรณี

กรณีการขนส่ง	คำย่อ	คำอธิบาย
การขนส่งกรณีที่ 1	ส่งผ่านคลัง	กรณีใช้การขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลด้วยรถบรรทุกพ่วงหรือเทรลเลอร์จากโรงงานน้ำตาลไปจัดเก็บยังคลังสินค้าเอกชน ก่อนส่งต่อไปที่ท่าเรือเดินสมุทรด้วยเรือโป๊ะ
การขนส่งกรณีที่ 2	ส่งตรง	กรณีใช้การขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลด้วยรถบรรทุกพ่วงหรือเทรลเลอร์จากโรงงานไปที่ท่าเรือเดินสมุทรโดยตรง
การขนส่งกรณีที่ 3	ส่งด้วยรถไฟแบบที่ 1	กรณีใช้การขนส่งด้วยรถไฟจากโรงงานน้ำตาลไปยัง ICD และส่งด้วยรถไฟจาก ICD ไปที่ท่าเรือแหลมฉบัง

จากภาพที่ 4.7 การขนส่งกรณีที่ 3 ซึ่งเป็นการใช้ระบบรางขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลด้วยรถไฟให้ต้นทุนต่ำที่สุด 48,592,418.40 ล้านบาท ซึ่งน้อยกว่าต้นทุนการขนส่งในกรณีที่ 1 และ 2 เกือบเท่าตัว เนื่องจากการขนส่งกรณีที่ 1 มีค่าจ้างเหมาพาหนะขนส่งน้ำตาล ได้แก่ รถบรรทุกพ่วงหรือเทรลเลอร์และเรือโป๊ะไปถึงท่าเรือชายฝั่งถึง 46,194,737.91 ล้านบาทจากต้นทุนรวมทั้งหมด 87,975,877.91 ล้านบาท และการขนส่งกรณีที่ 2 มีค่าจ้างเหมาพาหนะขนส่งน้ำตาล ได้แก่ รถบรรทุกพ่วงหรือเทรลเลอร์ 53,345,076.91 ล้านบาทจากต้นทุนรวมทั้งหมด 91,738,556.91 ล้านบาทตามลำดับ แต่ในขณะที่ค่าขนส่งด้วยรถไฟมีค่าขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ด้วยรถไฟจากโรงงานน้ำตาลไป ICD และค่าขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ด้วยรถไฟจาก ICD ไปท่าเรือแหลมฉบังพร้อมขนยกขึ้นเรือเดินสมุทรรวมกันแล้วเท่ากับ 45,481,680.00 ล้านบาท

นอกจากนี้ จำนวนขั้นตอนในการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลด้วยรถไฟ (การขนส่งกรณีที่ 3) มีน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการขนส่งรูปแบบอื่นๆ (การขนส่งกรณีที่ 1 และ 2) ตารางที่ 4.17 แสดงขั้นตอนการขนส่งของแต่ละกรณีพบว่า การขนส่งกรณีที่ 1 ถึง 3 มีจำนวนขั้นตอนการขนส่งถึง 6, 4 และ 3 ขั้นตอนตามลำดับ

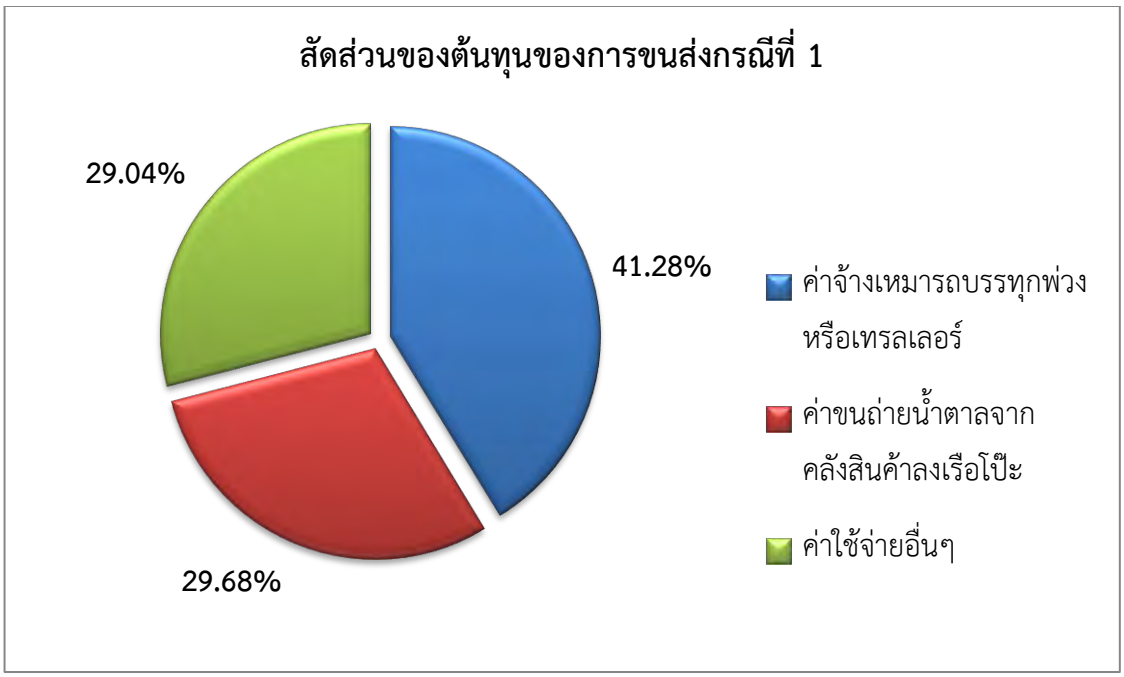


ภาพที่ 4.7 การเปรียบเทียบต้นทุนการขนส่งรวมของการขนส่งแต่ละกรณี

ตารางที่ 4.17 แสดงสรุปขั้นตอนการขนส่งของแต่ละกรณี

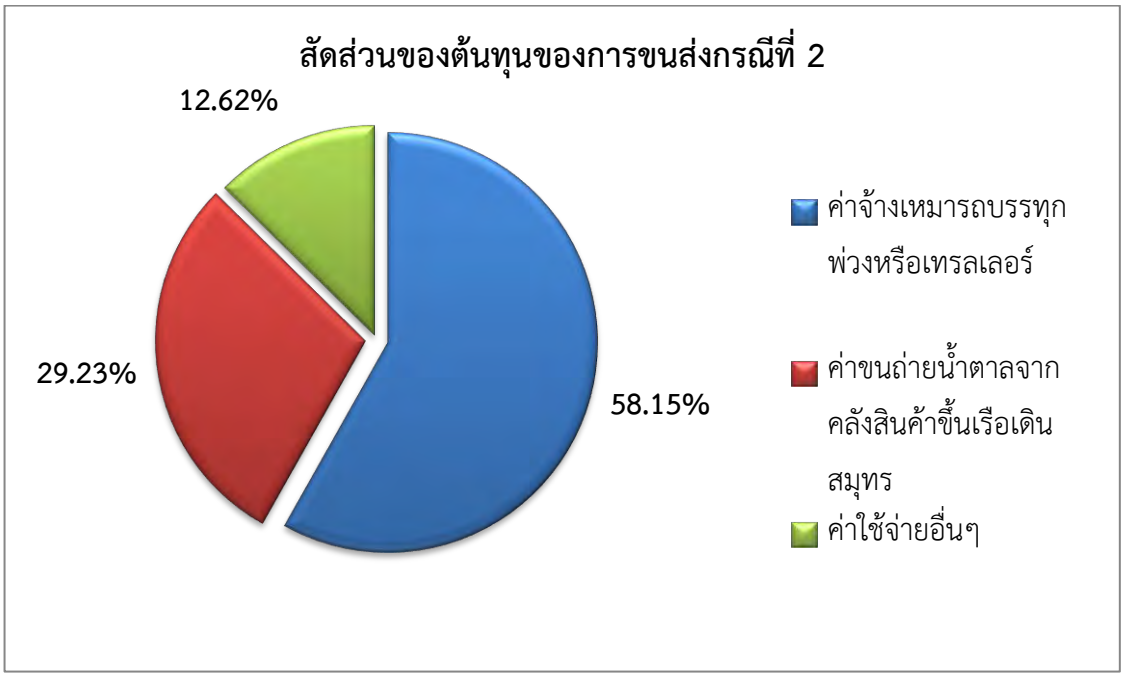
ลำดับ	ขั้นตอนการขนส่งกรณีที่ 1	ลำดับ	ขั้นตอนการขนส่งกรณีที่ 2	ลำดับ	ขั้นตอนการขนส่งกรณีที่ 3
1	ขนถ่ายน้ำตาลขึ้นรถบรรทุกพ่วงหรือเทรลเลอร์ที่โรงงานน้ำตาล	1	ขนถ่ายน้ำตาลขึ้นรถบรรทุกพ่วงหรือเทรลเลอร์ที่โรงงานน้ำตาล	1	Intake ผลิตภัณฑ์น้ำตาลเข้าตู้คอนเทนเนอร์ที่อยู่บนรถไฟภายในโรงงานน้ำตาล
2	ขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลด้วยรถบรรทุกพ่วงหรือเทรลเลอร์	2	ขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลด้วยรถบรรทุกพ่วงหรือเทรลเลอร์	2	ขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ด้วยรถไฟจากโรงงานน้ำตาลไป ICD
3	ขนน้ำตาลลงจากรถบรรทุกพ่วงหรือเทรลเลอร์ที่คลังสินค้า	3	ขนน้ำตาลลงจากรถบรรทุกพ่วงหรือเทรลเลอร์ที่คลังสินค้า	3	ขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ด้วยรถไฟจาก ICD ไปท่าเรือแหลมฉบังพร้อมขนยกขึ้นเรือเดินสมุทร
4	ขนถ่ายน้ำตาลจากคลังสินค้าลงเรือโป๊ะ	4	ขนถ่ายน้ำตาลจากคลังสินค้าขึ้นเรือเดินสมุทร		
5	ขนส่งโดยเรือโป๊ะถึงท่าเรือชายฝั่ง				
6	ขนถ่ายน้ำตาลจากเรือโป๊ะขึ้นเรือเดินสมุทร				
	รวม 6 ขั้นตอนหลัก		**รวม 4 ขั้นตอนหลัก**		**รวม 3 ขั้นตอนหลัก**

ภาพที่ 4.8 แสดงสัดส่วนของต้นทุนการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลด้วยรถบรรทุกพ่วงหรือเทรลเลอร์จากโรงงานน้ำตาลไปจัดเก็บยังคลังสินค้าเอกชนก่อนส่งต่อไปที่ท่าเรือเดินสมุทรด้วยเรือโป๊ะพบว่า สัดส่วนของต้นทุนที่เกิดขึ้นจากค่าจ้างเหมารถบรรทุกและค่าขนถ่ายน้ำตาลจากคลังสินค้าลงเรือโป๊ะเกิดขึ้นมากกว่าร้อยละ 70 ดังนั้น การลดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากค่าจ้างเหมารถบรรทุกและค่าขนถ่ายน้ำตาลจากคลังสินค้าลงเรือโป๊ะ เช่น การปรับเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งไปใช้ด้วยรถไฟ หรือเพิ่มประสิทธิภาพการขนถ่ายน้ำตาลให้ดียิ่งขึ้นนั้นอาจลดต้นทุนได้มากกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน



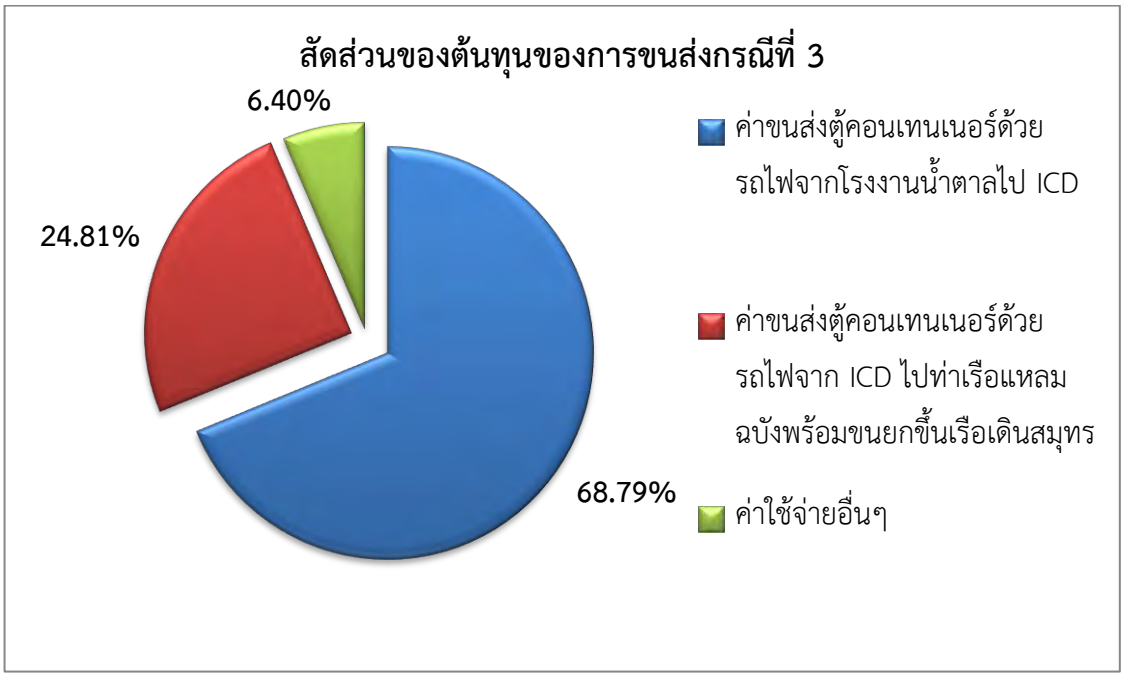
ภาพที่ 4.8 แสดงสัดส่วนของต้นทุนการขนส่งกรณีที่ 1

ภาพที่ 4.9 แสดงการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลด้วยรถบรรทุกพ่วงหรือเทรลเลอร์จากโรงงานไปที่ท่าเรือเดินสมุทรโดยตรงพบว่า เฉพาะสัดส่วนของต้นทุนที่เกิดขึ้นจากค่าจ้างเหมารถบรรทุกเกิดขึ้นถึงร้อยละ 58.15 ทั้งนี้ ถ้ารวมต้นทุนค่าขนถ่ายน้ำตาลขึ้นเรือเดินสมุทรเข้าไปด้วยจะมีสัดส่วนถึงร้อยละ 87.38 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากค่าจ้างเหมารถบรรทุกและค่าขนถ่ายน้ำตาลขึ้นเรือเดินสมุทรนั้นเป็นต้นทุนที่ต้องคำนึงถึงมากที่สุด ดังนั้น การทดลองปรับเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งไปใช้ด้วยรถไฟจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจสำหรับการลดต้นทุนค่าขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล



ภาพที่ 4.9 สัดส่วนของต้นทุนการขนส่งกรณีที่ 2

ภาพที่ 4.10 แสดงการขนส่งด้วยรถไฟจากโรงงานน้ำตาลไปยัง ICD และส่งด้วยรถไฟจาก ICD ไปที่ท่าเรือแหลมฉบังพบว่า สัดส่วนของต้นทุนค่าขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ด้วยรถไฟจนกระทั้งถึงท่าเรือแหลมฉบังรวมกันแล้วจะมีสัดส่วนมากที่สุดร้อยละ 93.60 เมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนที่เกิดขึ้นจากค่าจ้างเหมารถบรรทุกและเรือโป๊ะ (การขนส่งกรณีที่ 1) และต้นทุนที่เกิดขึ้นจากค่าจ้างเหมารถบรรทุก (การขนส่งกรณีที่ 2) ถึงแม้ว่าจะมีสัดส่วนมากที่สุด แต่ต้นทุนการขนส่งที่เกิดขึ้นจริงจากค่าพาหนะขนส่งเท่ากับ 45,481,680.00 ล้านบาท ซึ่งต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการขนส่งกรณีอื่นๆ ดังที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น



ภาพที่ 4.10 สัดส่วนของต้นทุนการขนส่งกรณีที่ 3

ดังนั้น การขนส่งด้วยรถไฟจากโรงงานน้ำตาลไปยัง ICD และส่งด้วยรถไฟจาก ICD ไปที่ท่าเรือแหลมฉบังจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถลดต้นทุนการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลเพื่อการส่งออกผ่านท่าเรือเดินสมุทรที่น่าสนใจมากที่สุดทางเลือกหนึ่ง นอกจากในเรื่องต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุดแล้ว จำนวนขั้นตอนการดำเนินงานยังมีจำนวนน้อยที่สุดจำนวน 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1. การ Intake ผลิตภัณฑ์น้ำตาลเข้าตู้คอนเทนเนอร์ที่อยู่บนรถไฟภายในโรงงานน้ำตาล 2. การขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ด้วยรถไฟจากโรงงานน้ำตาลไป ICD และ 3. การขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ด้วยรถไฟจาก ICD ไปท่าเรือแหลมฉบังพร้อมขนยกขึ้นเรือเดินสมุทร ถ้าโรงงานน้ำตาลสามารถจัดการระบบการบริหารจัดการการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่มีประสิทธิภาพแล้วก็จะสามารถลดต้นทุนการขนส่งลงได้อย่างมาก ส่งผลให้โรงงานน้ำตาลสามารถเพิ่มความได้เปรียบในการแข่งขันทางธุรกิจได้ดียิ่งขึ้น

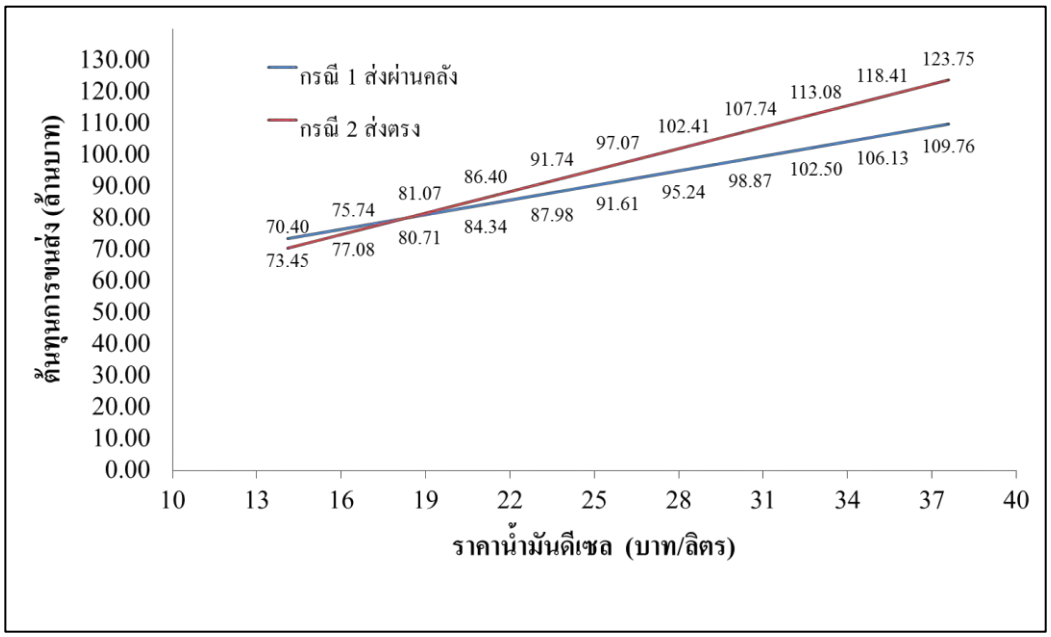
การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis)

การวิเคราะห์ความไวกรณีใช้การขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลด้วยรถบรรทุกพ่วงหรือเทรลเลอร์จากโรงงานน้ำตาลไปจัดเก็บยังคลังสินค้าเอกชน ก่อนส่งต่อไปที่ท่าเรือเดินสมุทรด้วยเรือโป๊ะ (การขนส่งกรณีที่ 1) และกรณีใช้การขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลด้วยรถบรรทุกพ่วงหรือเทรลเลอร์จากโรงงานไปที่

ท่าเรือเดินสมุทรโดยตรง (การขนส่งกรณีที่ 2) ผลการวิเคราะห์ความไวสำหรับการขนส่งทั้ง 2 กรณี แสดงดังตารางที่ 4.18 และภาพที่ 4.12

ตารางที่ 4.18 แสดงผลการวิเคราะห์ความไวการขนส่งกรณีที่ 1 และ 2 โดยใช้การเปลี่ยนแปลงของราคาน้ำมันดีเซล

ราคาน้ำมันดีเซล (บาท/ลิตร)	**ต้นทุนรวม (บาท)**	
	การขนส่งกรณีที่ 1	**การขนส่งกรณีที่ 2**
37.60	109,764,315.65	123,745,603.05
35.25	106,132,909.36	118,411,095.36
32.90	102,501,503.07	113,076,587.67
30.55	98,870,096.78	107,742,079.98
28.20	95,238,690.49	102,407,572.29
25.85	91,607,284.20	97,073,064.60
23.50	**87,975,877.91**	**91,738,556.91**
21.15	84,344,471.62	86,404,049.22
18.80	80,713,065.33	81,069,541.53
16.45	77,081,659.04	75,735,033.84
14.10	73,450,252.75	70,400,526.15



ภาพที่ 4.11 การวิเคราะห์ความไวการขนส่งกรณีที่ 1 และ 2 โดยใช้การเปลี่ยนแปลงของราคาน้ำมันดีเซล

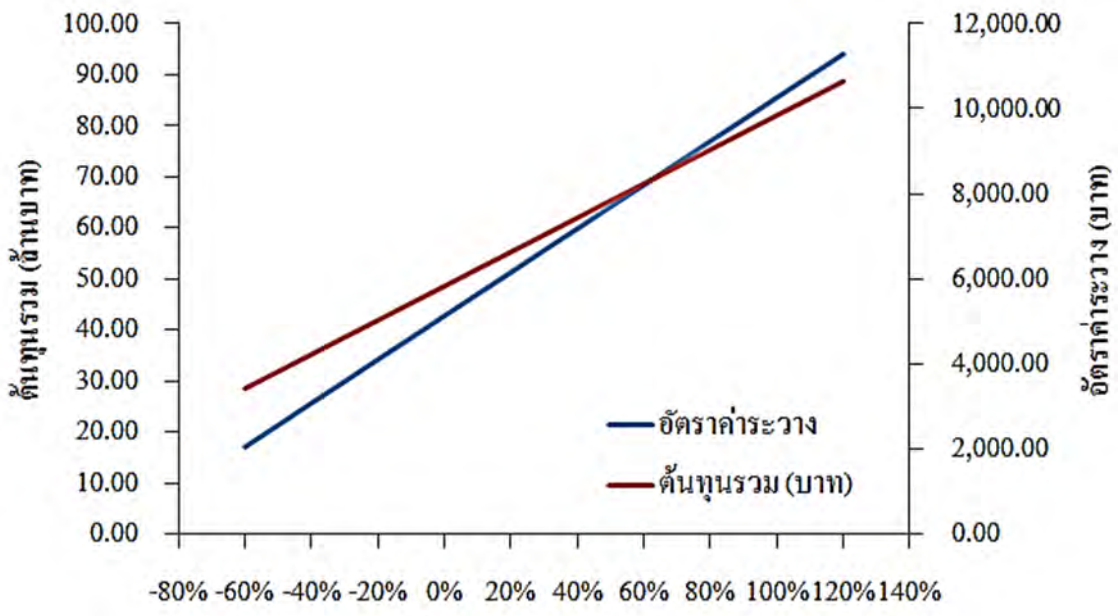
จากภาพที่ 4.11 แสดงให้เห็นว่าหากราคาน้ำมันดีเซลอยู่ที่ลิตรละประมาณ 17 บาท จส่งผลให้การขนส่งกรณีที่1 และการขนส่งกรณีที่ 2 มีต้นทุนรวมในการขนส่งไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.19 แสดงการวิเคราะห์ความไวกรณีใช้การขนส่งด้วยรถไฟจากโรงงานน้ำตาลไปยัง ICD และส่งด้วยรถไฟจาก ICD ไปที่ท่าเรือแหลมฉบัง (การขนส่งกรณีที่ 3) โดยใช้การเปลี่ยนแปลงของอัตราค่าระวางสินค้าบนรถไฟ

ตารางที่ 4.19 แสดงผลการวิเคราะห์ความไวการขนส่งกรณีที่ 3 โดยใช้การเปลี่ยนแปลงของอัตราค่าระวางสินค้าบนรถไฟ

%อัตราค่าระวางที่เพิ่มขึ้น/ลดลง	**อัตราค่าระวาง**	**ต้นทุนรวม (บาท)**
-60%	2,052.00	28,536,170.40
-50%	2,565.00	31,878,878.40
-40%	3,078.00	35,221,586.40
-30%	3,591.00	38,564,294.40
-20%	4,104.00	41,907,002.40
-10%	4,617.00	45,249,710.40
0%	**5,130.00**	**48,592,418.40**
+10%	5,643.00	51,935,126.40
+20%	6,156.00	55,277,834.40
+30%	6,669.00	58,620,542.40
+40%	7,182.00	61,963,250.40
+50%	7,695.00	65,305,958.40
+60%	8,208.00	68,648,666.40
+70%	8,721.00	71,991,374.40
+80%	9,234.00	75,334,082.40
+90%	9,747.00	78,676,790.40
+100%	10,260.00	82,019,498.40
+110%	**10,773.00**	**85,362,206.40**
+120%	**11,286.00**	**88,704,914.40**

โดยจากตารางที่ 4.19 เพื่อให้เห็นความเปลี่ยนแปลงผู้วิจัยได้จัดทำเป็นกราฟแสดงความชัน ตามภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.12 การวิเคราะห์ความไวการขนส่งกรณีที่ 3 โดยใช้การเปลี่ยนแปลงอัตราค่าระวางสินค้าบนรถไฟที่

จากตารางวิเคราะห์ความไวพบว่า ในอนาคตเมื่อราคาน้ำมันดีเซลเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 จากราคาน้ำมันดีเซลที่ใช้ในการคำนวณค่าจ้างเหมารถบรรทุกสินค้าปัจจุบัน เช่น ราคาน้ำมันดีเซลเพิ่มขึ้นจากระดับ 23.50 บาท/ลิตร เป็น 25.85 บาท/ลิตร ส่งผลให้ต้นทุนรวม (Total cost) ของการขนส่งกรณีที่ 1 และ 2 เพิ่มขึ้น 3,631,406.29 บาท และ 5,334,507.69 บาทตามลำดับ

การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ความไวระหว่างการขนส่งกรณีที่ 1 และ 2 ที่ใช้การเปลี่ยนแปลงของราคาน้ำมันดีเซล กับกรณีที่ 3 ที่ใช้การเปลี่ยนแปลงของอัตราค่าระวางสินค้าบนรถไฟที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 10 พบว่า อัตราค่าระวางสินค้าบนรถไฟต้องเพิ่มขึ้นมากกว่าเท่าตัวหรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 100 หรือมีอัตราค่าระวางสินค้าประมาณ 11,029.50 บาท จึงจะทำให้ต้นทุนรวมของการขนส่งกรณีที่ 3 มีค่าเทียบเท่ากับการขนส่งในกรณีที่ 1 และ 2 ที่ระดับราคาน้ำมันดีเซล 23.50 บาท/ลิตร

ในกรณีที่รัฐบาลส่งเสริมการใช้ระบบรางขนส่งสินค้า อาจมีนโยบายกำหนดอัตราค่าระวางสินค้าบนรถไฟลดลงเพื่อกระตุ้นการเลือกใช้ระบบรางให้มีมากขึ้น การกำหนดให้มีอัตราค่าระวางสินค้าถูกลงเพียงร้อยละ 10 จากระดับเดิม ส่งผลให้ต้นทุนรวมของการขนส่งกรณีที่ 3 ลดลงถึง 3,342,708.00 บาท ตารางที่ 4.20 แสงดข้อดีหรือผลประโยชน์ที่จะได้รับ และข้อเสียหรือข้อจำกัดของการขนส่งแต่ละกรณี

ตารางที่ 4.20 แสดงข้อดีหรือผลประโยชน์ที่จะได้รับ และข้อเสียหรือข้อจำกัดของการขนส่งแต่ละกรณี

กรณีการขนส่ง	ข้อดี หรือผลประโยชน์	ข้อเสีย ข้อจำกัด หรือเงื่อนไขบังคับ
การขนส่งกรณีที่ 1 (ส่งผ่านคลัง)	1. การบริหารจัดการง่าย เนื่องจากเป็นระบบการขนส่งที่โรงงานน้ำตาลใช้อยู่ในปัจจุบัน 2. จำนวนรถบรรทุกสินค้ามีเพียงพอต่อความต้องการ เนื่องจากใช้บริการผู้ให้บริการด้านโลจิสติกส์หลายราย	1. ต้นทุนการขนส่งเพิ่มขึ้นตลอดเวลาตามราคาน้ำมันที่เพิ่มขึ้น 2. ต้นทุนรวมที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งสูงกว่าการขนส่งด้วยรถไฟมากกว่าร้อยละ 44.77
การขนส่งกรณีที่ 2 (ส่งตรง)	จำนวนรถบรรทุกสินค้ามีเพียงพอต่อความต้องการ เนื่องจากใช้บริการผู้ให้บริการด้านโลจิสติกส์หลายราย	1. ต้นทุนการขนส่งเพิ่มขึ้นตลอดเวลาตามราคาน้ำมันที่เพิ่มขึ้น 2. ต้นทุนรวมที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งสูงที่สุดเมื่อเทียบกับการส่งผ่านคลังและส่งด้วยรถไฟ
การขนส่งกรณีที่ 3 (ส่งด้วยรถไฟ)	ต้นทุนรวมที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งถูกที่สุด ถูกกว่าการส่งผ่านคลัง และส่งตรงมากกว่าร้อยละ 40	1. โรงงานต้องเชื่อมต่อระบบรางของการรถไฟแห่งประเทศไทยเข้าสู่พื้นที่ของโรงงาน โดยเฉพาะคลังสินค้าของโรงงาน เพื่ออำนวยความสะดวกในการขนถ่ายน้ำตาล 2. ปัญหาการขาดแคลนทรัพยากรของการรถไฟ เช่น หัวรถลากซึ่งส่งผลต่อจำนวนเที่ยวการขนส่งต่อวัน เป็นต้น 3. ความแออัดของท่าเรือแหลมฉบัง ซึ่งเป็นท่าเรือส่งออกหลักของประเทศ

เนื่องจากการคิดต้นทุนการขนส่งกรณีที่ 3 เป็นการคิดต้นทุนในกรณีที่โรงงานมีการเชื่อมต่อระบบรางของการรถไฟแห่งประเทศไทยเข้าสู่พื้นที่ของโรงงาน เพื่อความสะดวกในการขนถ่ายน้ำตาล ซึ่งในปัจจุบันทางโรงงานยังไม่ได้มีการเชื่อมต่อระบบรางของการรถไฟแห่งประเทศไทย ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์การขนส่งน้ำตาลจากโรงงานไปยังท่าเรือแหลมฉบังตามสถานการณ์ปัจจุบัน คือการ

ขนส่งในกรณีที่มีการนำตู้คอนเทนเนอร์มาบรรจุผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่โรงงาน หลังจากนั้นจึงขนตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรจุน้ำตาลอยู่ภายใน ไปยังสถานีรถไฟที่ใกล้กับโรงงานมากที่สุด นั่นก็คือ สถานีรถไฟบางกระทุ่ม หลังจากนั้นจึงขนถ่ายตู้คอนเทนเนอร์ขึ้นขบวนรถไฟ และบรรทุกมายังสถานีบรรจุและแยกสินค้ากล่อง ลาดกระบัง (ICD) หลังจากผ่านขั้นตอนต่างๆ ใน ICD จึงขนส่งน้ำตาลไปยังท่าเรือแหลมฉบังต่อไปโดยรถไฟ ซึ่งกรณีนี้จะเป็นการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (Multimodal Transportation) โดยตารางที่ 4.22 จะแสดงการกำหนดค่าให้ตัวแปรทราบค่าที่ใช้ในการคำนวณต้นทุนการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล กรณีใช้การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (Multimodal Transportation) ระหว่างรถบรรทุกและรถไฟ และตารางที่ 4.23 แสดงองค์ประกอบของเวลาดำเนินงาน และต้นทุนรวมของกรณีการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (Multimodal Transportation)

ตารางที่ 4.21 การกำหนดค่าให้ตัวแปรทราบค่าที่ใช้ในการคำนวณต้นทุนการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล กรณีใช้การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (Multimodal Transportation)

ลำดับ	ตัวแปรทราบค่า	ค่าของตัวแปร	หน่วย
1	ต้นทุนค่ายกขนตู้คอนเทนเนอร์เปล่าขึ้นรถรถบรรทุกพ่วง/เทรลเลอร์ที่ ICD ลาดกระบัง สำหรับตู้คอนเทนเนอร์ทุกขนาด (ที่มา: เอกสารข้อมูลของฝ่ายบริการสินค้า การรถไฟแห่งประเทศไทย)	315.00	บาท/ตู้
2	ต้นทุนค่าขนส่งตู้คอนเทนเนอร์เปล่าด้วยรถบรรทุกพ่วง/เทรลเลอร์จาก ICD ลาดกระบัง มาบรรจุน้ำตาลที่โรงงานน้ำตาลพิษณุโลก (ที่มา: เอกสารข้อมูลที่ได้รับจากโรงงานน้ำตาล)	10,976.64	บาท/เที่ยว
3	ความสามารถในการขนตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 20 ฟุตที่รถบรรทุกพ่วง/เทรลเลอร์ทำได้ต่อ 1 หัวลาก (ที่มา: เอกสารข้อมูลที่ได้รับจากโรงงานน้ำตาล)	2	ตู้/เที่ยว
4	จำนวนตู้คอนเทนเนอร์เปล่าที่ต้องใช้ทั้งหมดสำหรับผลิตภัณฑ์น้ำตาลส่งออกประจำฤดูกาลผลิตปี 2559-2560 (ที่มา: ข้อมูลจากการคำนวณในเนื้อหาก่อนหน้า)	6,516	ตู้/ปี

ตารางที่ 4.21 แสดงองค์ประกอบของเวลาดำเนินงาน และต้นทุนรวมของกรณีการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (Multimodal Transportation) (ต่อ)

ลำดับ	ตัวแปรทราบค่า	ค่าของตัวแปร	หน่วย
5	จำนวนเที่ยวรถบรรทุกพ่วง/เทรลเลอร์สำหรับการลากตู้คอนเทนเนอร์จาก ICD ลาดกระบัง มาบรรจุน้ำตาลที่โรงงานน้ำตาลพิษณุโลก (ที่มา: ข้อมูลจากการคำนวณ)	3,258	เที่ยว/ปี
6	ต้นทุนค่า Intake ผลิตภัณฑ์น้ำตาลเข้าตู้คอนเทนเนอร์ (ที่มา: เอกสารข้อมูลที่ได้รับจากโรงงานน้ำตาล)	477.40	บาท/ตู้
7	ต้นทุนค่าลากตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรจุผลิตภัณฑ์น้ำตาลแล้วจากโรงงานน้ำตาลพิษณุโลกไปสถานีรถไฟบางกระทุ่ม จ.พิษณุโลก (ที่มา: เอกสารข้อมูลที่ได้รับจากโรงงานน้ำตาล)	209.36	บาท/เที่ยว
8	ต้นทุนค่ายกขนตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรจุผลิตภัณฑ์น้ำตาลขึ้นรถไฟที่สถานีรถไฟบางกระทุ่ม จ.พิษณุโลก สำหรับตู้คอนเทนเนอร์ทุกขนาด (ที่มา: อ้างอิงจากเอกสารข้อมูลของฝ่ายบริการสินค้า การรถไฟแห่งประเทศไทย)	315.00	บาท/ตู้
9	ต้นทุนค่าขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ด้วยรถไฟจากสถานีรถไฟบางกระทุ่มไป ICD ลาดกระบัง (ที่มา: ข้อมูลจากการคำนวณในเนื้อหาก่อนหน้า)	33,427,080.00	บาท/ตู้
10	ต้นทุนค่าขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ด้วยรถไฟจาก ICD ลาดกระบังไปท่าเรือแหลมฉบัง พร้อมขนยกขึ้นเรือเดินสมุทร (ที่มา: ข้อมูลจากการคำนวณในเนื้อหาก่อนหน้า)	12,054,600.00	บาท/ตู้
11	จำนวนแคร่สูงสุดต่อรถไฟ 1 ขบวน (ที่มา: อ้างอิงจากเอกสารข้อมูลของฝ่ายบริการสินค้า การรถไฟแห่งประเทศไทย)	40	แคร่
12	จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 20 ฟุต ต่อแคร่ (ที่มา: อ้างอิงจากเอกสารข้อมูลของฝ่ายบริการสินค้า การรถไฟแห่งประเทศไทย)	2	ตู้
13	จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 20 ฟุต สูงสุดต่อรถไฟ 1 ขบวน	80	ตู้

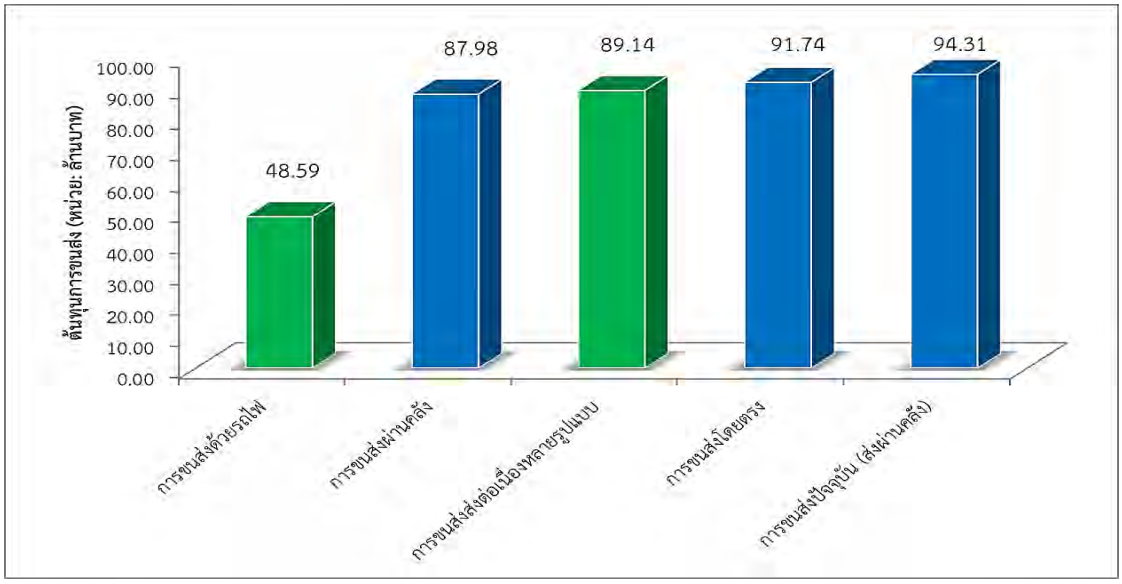
ตารางที่ 4.22 แสดงองค์ประกอบของเวลาดำเนินงาน และต้นทุนรวมของกรณีการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (Multimodal Transportation)

ลำดับ	รายละเอียดกิจกรรมการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ	เวลาดำเนินงาน		ต้นทุนการขนส่ง		หน่วยของต้นทุน	
		ระยะเวลา	หน่วยของเวลา	ต้นทุน	ต้นทุนรวม	ต้นทุน	ต้นทุนรวม
1	การยกขนตู้คอนเทนเนอร์เปล่าขึ้นรถบรรทุกพ่วง/เทรลเลอร์ที่ ICD ลาดกระบัง สำหรับตู้คอนเทนเนอร์ทุกขนาด (ที่มาด้านเวลา: เก็บข้อมูลจากการเข้าศึกษาดูงานที่ ICD ลาดกระบัง)	1.33	นาที/ตู้	315.00	2,052,540.00	บาท/ตู้	บาท/ปี
2	การขนส่งตู้คอนเทนเนอร์เปล่าด้วยรถบรรทุกพ่วง/เทรลเลอร์จาก ICD ลาดกระบัง มาบรรจุน้ำตาลที่โรงงานน้ำตาลพิษณุโลก (ที่มาด้านเวลา: การประมาณค่าความเป็นไปได้โดยอ้างอิงจาก Google maps)	10	ชั่วโมง	10,976.64	35,761,893.12	บาท/เที่ยว	บาท/ปี
3	การ Intake ผลิตภัณฑ์น้ำตาลเข้าตู้คอนเทนเนอร์	แล้วแต่ประเภทของอุปกรณ์ขนถ่ายสินค้า		477.40	3,110,738.40	บาท/ตู้	บาท/ปี
4	การขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรจุผลิตภัณฑ์น้ำตาลแล้วจากโรงงานน้ำตาลพิษณุโลกไปสถานีรถไฟบางกระทุ่ม จ.พิษณุโลก (ที่มาด้านเวลา: การประมาณค่าความเป็นไปได้โดยอ้างอิงจาก Google maps)	30	นาที	209.36	682,094.88	บาท/เที่ยว	บาท/ปี
5	การยกขนตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรจุผลิตภัณฑ์น้ำตาลขึ้นรถไฟที่สถานีรถไฟบางกระทุ่ม จ.พิษณุโลก สำหรับตู้คอนเทนเนอร์ทุกขนาด (ที่มาด้านเวลา: เก็บข้อมูลจากการเข้าศึกษาดูงานที่ ICD ลาดกระบัง)	1.33	นาที/ตู้	315.00	205,2540.00	บาท/ตู้	บาท/ปี

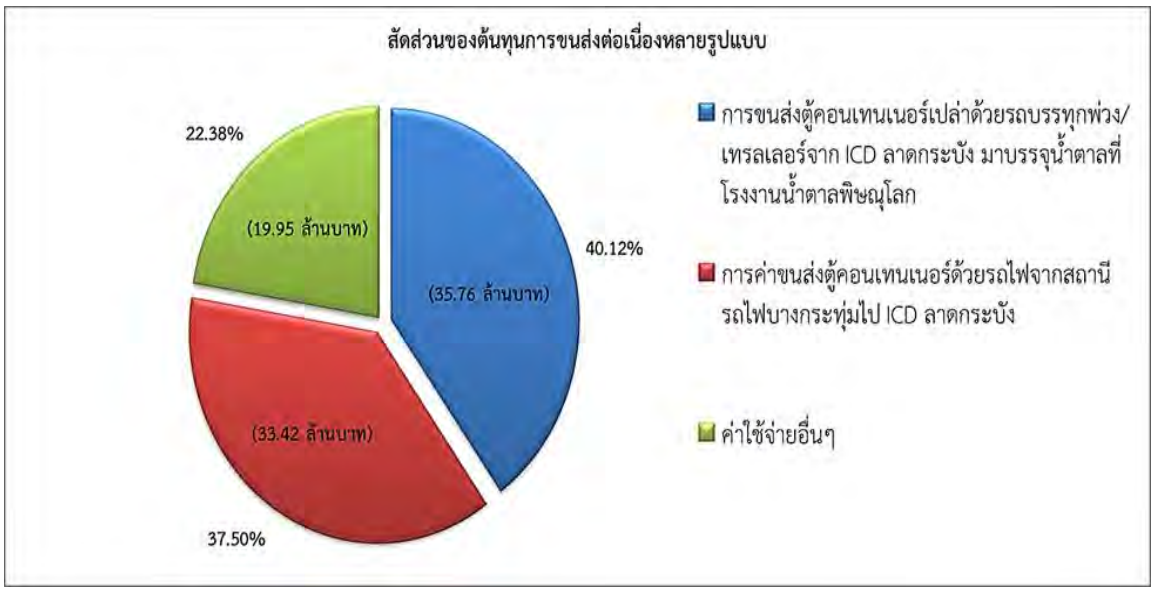
ตารางที่ 4.22 แสดงองค์ประกอบของเวลาดำเนินงาน และต้นทุนรวมของกรณีการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (Multimodal Transportation) (ต่อ)

ลำดับ	รายละเอียดกิจกรรมการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ	เวลาดำเนินงาน		ต้นทุนการขนส่ง		หน่วยของต้นทุน	
		ระยะเวลา	หน่วยของเวลา	ต้นทุน	ต้นทุนรวม	ต้นทุน	ต้นทุนรวม
6	การค่าขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ด้วยรถไฟจากสถานีรถไฟบางกระทุ่มไป ICD ลาดกระบัง (ที่มาด้านเวลา: การประมาณค่าความเป็นไปได้โดยอ้างอิงจาก Google maps)	10	ชั่วโมง	5,130.00	33,427,080.00	บาท/ตู้	บาท/ปี
7	การขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ด้วยรถไฟจาก ICD ไปท่าเรือแหลมฉบังพร้อมขนยกขึ้นเรือเดินสมุทร (ที่มาด้านเวลา: เอกสารข้อมูลของฝ่ายบริการสินค้า การรถไฟแห่งประเทศไทย)	6	ชั่วโมง	1,850.00	12,054,600.00	บาท/ตู้	บาท/ปี
	รวม				89,141,486.40		บาท/ปี

จากการคำนวณต้นทุนรวมของการขนส่งในกรณีใช้การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (Multimodal Transportation) พบว่าต้นทุนรวมในกรณีมีค่าเท่ากับ 89,141,486.40 บาทต่อปี คิดเป็น 631.526 บาทต่อตัน โดยภาพที่ 4.13 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการขนส่งในแต่ละกรณี และภาพที่ 4.14 จะแสดงสัดส่วนของต้นทุนการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (Multimodal Transportation)



ภาพที่ 4.13 เปรียบเทียบต้นทุนการขนส่งในแต่ละกรณี



ภาพที่ 4.14 สัดส่วนของต้นทุนการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (Multimodal Transportation)

จากแผนภูมิแท่งเปรียบเทียบต้นทุนการขนส่งรูปแบบต่างๆ นั้นแสดงให้เห็นว่า การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (Multimodal transportation) ระหว่างรถบรรทุกและรถไฟที่พิจารณาการดำเนินงานขนส่งให้เป็นไปตามสภาพแวดล้อมจริงในปัจจุบันดังที่ได้กล่าวไปแล้วในข้างต้นนั้นมีต้นทุนสูงกว่าการขนส่งด้วยรถไฟ ในกรณีที่ตั้งสมมติฐาน (Assumptions) ให้มีการเชื่อมต่อรางเข้าไปขนถ่ายสินค้าภายในโรงงานประมาณ 40.55 ล้านบาท/ปี เนื่องจากเกิดการขนถ่ายที่ซ้ำซ้อน (Double handling) ระหว่างกระบวนการขนส่ง เช่น กระบวนการยกขนตู้คอนเทนเนอร์ขึ้นรถบรรทุกที่ ICD ลาดกระบัง เพื่อขนส่งมาบรรจุน้ำตาลเข้าตู้ที่โรงงานน้ำตาล กระบวนการยกขนตู้คอนเทนเนอร์ขึ้นรถไฟเพื่อขนส่งกลับไปยัง ICD ลาดกระบัง เป็นต้น

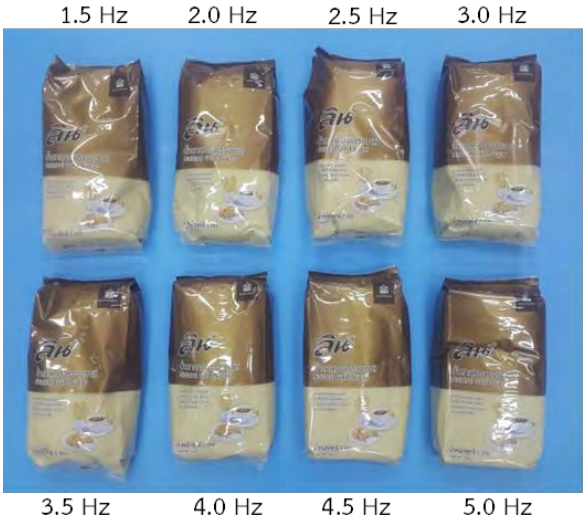
ทั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบระหว่างรถบรรทุกและรถไฟกับการขนส่งผ่านคลังนั้นมีความใกล้เคียงกันเป็นอย่างมาก (ประมาณ 1.16 ล้านบาท) แต่การขนส่งผ่านคลังเป็นรูปแบบที่โรงงงานน้ำตาลเลือกใช้มาแล้วเป็นระยะเวลายาวนาน ทำให้มีความเชี่ยวชาญในการบริหารจัดการมากกว่าการเลือกใช้การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ ดังนั้น ถ้ารัฐบาลหรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้องด้านการขนส่งระดับประเทศต้องการสนับสนุนส่งเสริมให้มีการเลือกใช้การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบสำหรับผลิตภัณฑ์น้ำตาล จึงจำเป็นต้องกำหนดนโยบายเกี่ยวกับการดำเนินงานที่ชัดเจนโดยเฉพาะเรื่องของต้นทุนการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบให้เอื้ออำนวยต่อผลประโยชน์ด้านต่างๆ ที่โรงงานจะได้รับจากการเลือกใช้รูปแบบการขนส่งนี้

4.5.2 ด้านคุณลักษณะและบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์น้ำตาล

การทดสอบความต้านทานต่อความสั่นสะเทือนของผลิตภัณฑ์น้ำตาล

จากการศึกษาระดับความเสียหายของการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล โดยใช้การจำลองสภาพการขนส่งตามมาตรฐานการทดสอบการสั่นสะเทือน ASTM D-4728 Random Vibration Test แบบ Closed Loop โดยบันทึกสัญญาณการสั่นสะเทือนจากเครื่อง Simulation Transportation Vibration Table ที่ระดับความถี่ 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5 และ 5 Hz ตามลำดับ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ภาพที่ 4.11 และ 4.12 พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำตาลยังไม่เกิดระดับความเสียหายเมื่อระดับความถี่ของการสั่นสะเทือนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจากการทดสอบแสดงให้เห็นว่า การเลือกใช้ระบบบรรจุภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมต่อการขนส่งเป็นกระบวนการหนึ่งที่ช่วยลดและป้องกันปัญหาความเสียหายของสินค้าจากการขนส่งได้ นอกจากนี้ยังอาจทำให้ทราบถึงปัญหาที่ก่อให้เกิดความเสียเนื่องจากการขนส่งได้อีกทาง

ภาพที่ 4.15 ลักษณะโดยรวมกล่องบรรจุผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่ผ่านการทดสอบการสั่นสะเทือนที่ระดับ



ความถี่ 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5 และ 5 Hz เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ภาพที่ 4.16 ลักษณะภายนอกของถุงน้ำตาลที่ผ่านการทดสอบการสั่นสะเทือนที่ระดับความถี่ 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5 และ 5 Hz เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

4.5.3 ด้านพลศาสตร์และสภาพแวดล้อมของการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล

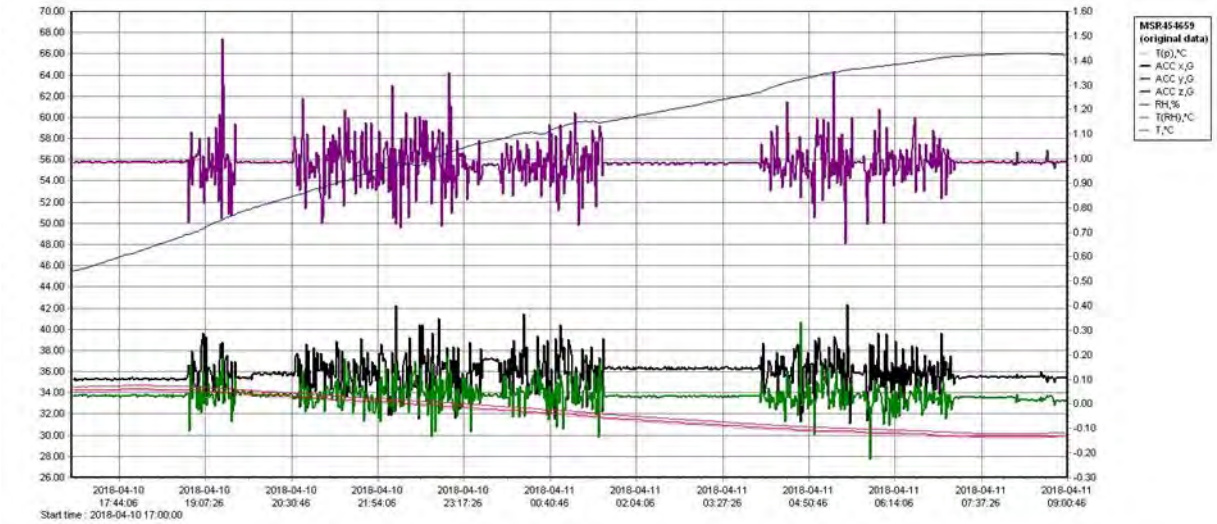
การศึกษาเฉพาะทางที่เกี่ยวกับลักษณะทางพลศาสตร์ของการขนส่งและสภาพแวดล้อมของการขนส่งของเส้นทางขนส่งจากโรงงานน้ำตาลพิษณุโลกไปยังด่านพรมแดนเชียงของ-ห้วยทราย อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย โดยการทดสอบสัญญาณการสั่นสะเทือน (Vibration) และการกระแทก (Shock) โดยบันทึกสัญญาณความเร่ง (Shock Pulse) จากการเคลื่อนที่ขึ้นลงของยานพาหนะตามมาตรฐานการสั่นสะเทือน ASTM D-4728 ด้วยอุปกรณ์วัดสัญญาณความเร่งแบบสามทาง (Triaxial Accelerometer) และอุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้น (% relative humidity) ในตู้

คอนเทนเนอร์บนรถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่ง ดังภาพที่ 4.13 – 4.16 จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลด้านพลศาสตร์ โดยพิจารณาความเร่งที่สินค้าเกษตรได้รับใน 3 ทิศทาง คือ ความเร่งจากการเคลื่อนที่ของรถ (Shock – X Axis) ความเร่งจากการเลี้ยวของรถ (Shock – Y Axis) และความเร่งจากสภาพถนน (Shock – Z Axis) ตามลำดับ เส้นทางการขนส่งจากโรงงานน้ำตาลพิษณุโลกไปยังด่านพรมแดนเชียงของ-ห้วยทราย อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย พบว่ามีความเร่งเฉลี่ยโดยรวมจากการเคลื่อนที่ของรถ อยู่ที่ 0.99 g และความเร่งสูงสุดจากการเคลื่อนที่ของรถที่ 1.43 g ความเร่งจากการเคลื่อนที่ของรถดังกล่าวฯ มีความสอดคล้องกับผลการศึกษาระดับความเร็วของรถเฉลี่ยโดยใช้ GPS ขณะที่ความเร่งจากการเลี้ยวของรถมีความเร่งเฉลี่ยจากการเลี้ยวของรถที่ 0.03 g และ ความเร่งสูงสุดที่ 0.33 g นอกจากนี้เมื่อพิจารณาความเร่งจากสภาพถนนพบว่ามีความเร่งเฉลี่ยและความเร่งสูงสุดในแนว Shock – Z Axis เท่ากับ 0.98 g และ 1.35 g ตามลำดับ แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4.21

ภาพที่ 4.17 การเคลื่อนย้ายและลำเลียงผลิตภัณฑ์น้ำตาลขึ้นตู้คอนเทนเนอร์

ภาพที่ 4.18 การวางเรียงซ้อนผลิตภัณฑ์น้ำตาลในการขนส่งเพื่อการส่งออก

ภาพที่ 4.19 ตู้คอนเทนเนอร์แบบตู้แห้งติดตั้งระบบทำความเย็นขนาดมาตรฐาน 40 ฟุต



ภาพที่ 4.20 สัญญาณด้านพลศาสตร์ของเส้นทางขนส่งจากโรงงานน้ำตาลพิษณุโลกไปยังด่านพรมแดนเชียงของ-ห้วยทราย จังหวัดเชียงราย ด้วยอุปกรณ์วัดสัญญาณความเร่งแบบสามทาง (---) Shock - X Axis (---) Shock - Y Axis (---) Shock - Z Axis (---) อุณหภูมิ และ (---) ความชื้นสัมพัทธ์

ตารางที่ 4.23 ลักษณะทางพลศาสตร์ของเส้นทางขนส่งจากโรงงานน้ำตาลพิษณุโลกไปยังด่านพรมแดนเชียงของ-ห้วยทราย จังหวัดเชียงราย

คุณลักษณะ	ผลการทดสอบ
ความเร่งจากการเคลื่อนที่ของรถ	Minimum: -0.07 g
Shock - X Axis	Maximum: 0.32 g
	Average: 0.13 g
	Standard Deviation: 0.21
ความเร่งจากการเลี้ยวของรถ	Minimum: -0.22 g
Shock - Y Axis	Maximum: 0.33 g
	Average: 0.03 g
	Standard Deviation: 0.27
ความเร่งจากความไม่สมบูรณ์ของสภาพถนน	Minimum: 0.72 g
Shock - Z Axis	Maximum: 1.35 g
	Average: 0.98 g
	Standard Deviation: 0.18
ความเร่งเฉลี่ยโดยรวม	Minimum: 0.76 g
	Maximum: 1.43 g
	Average: 0.99 g
	Standard Deviation: 0.31
อุณหภูมิ (Temperature)	Minimum: 29.9°C
	Maximum: 34.4°C
	Average: 32.0°C
	Standard Deviation: 0.40
ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)	Minimum: 45.50 %RH
	Maximum: 66.10 %RH
	Average: 58.14 %RH
	Standard Deviation:

เมื่อพิจารณาภาพรวมลักษณะทางพลศาสตร์ของเส้นทางการขนส่ง จากโรงงานน้ำตาลพิษณุโลกไปยังด่านพรมแดนเชียงของ-ห้วยทราย อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย พบว่าการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลโดยใช้เส้นทางดังกล่าวฯ มีแนวโน้มไม่ทำให้สินค้าเสียหายในระหว่างการขนส่ง

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษารูปแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลทางถนนและทางรถไฟ ศึกษาโครงสร้างพื้นฐานของระบบโลจิสติกส์ ลักษณะทางพลศาสตร์ของเส้นทางการขนส่ง และสภาวะแวดล้อมของการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล และวิเคราะห์ต้นทุนการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่เหมาะสม โดยได้แบ่งขอบเขตของงานออกเป็น 4 ส่วนหลัก ประกอบด้วย 1) การศึกษาข้อมูลทุติยภูมิ ทบทวนงานวิจัย ทฤษฎีต่างๆ และศึกษาข้อมูลปฐมภูมิ จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง 2) การสำรวจและรวบรวมข้อมูลต้นทุน และข้อมูลที่เกี่ยวข้องในด้านการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล จากโรงงานน้ำตาลพิษณุโลก คลังสินค้า ท่าเรือ และสถานีบรรจุ และแยกสินค้ากล่อง ไอซีดี ลาดกระบัง 3) การพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ คณะผู้วิจัยพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์โดยใช้ข้อมูลจากการศึกษา ทั้งข้อมูลปฐมภูมิ ข้อมูลทุติยภูมิ ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ และเก็บรวบรวม มาใช้ในการพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อหาต้นทุนโดยรวมในการส่งออกผลิตภัณฑ์น้ำตาลของโรงงานพิษณุโลก 4) การศึกษาลักษณะทางพลศาสตร์ของเส้นทางการขนส่ง และสภาวะแวดล้อมของการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล เพื่อใช้ในการออกแบบระบบภาชนะบรรจุที่มีความเหมาะสมที่จะช่วยลดความเสียหายของสินค้าในระหว่างการขนส่ง

โดยจากการพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของการส่งออกผลิตภัณฑ์น้ำตาลของโรงงานน้ำตาลพิษณุโลกเพื่อหาเส้นทาง และรูปแบบการส่งออกผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่มีต้นทุนต่ำที่สุด พบว่า จากการเปรียบเทียบต้นทุนโดยรวมในการส่งออกผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่โรงงานน้ำตาลพิษณุโลกใช้ในปัจจุบันกับผลจากการพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น หากโรงงานน้ำตาลพิษณุโลกใช้ระบบรางเข้ามามีส่วนในการส่งออกผลิตภัณฑ์น้ำตาล จะช่วยให้ต้นทุนโดยในการส่งออกผลิตภัณฑ์น้ำตาลลดลงร้อยละ 48.48 จากเดิมที่ต้นทุนโดยรวมในการส่งออกผลิตภัณฑ์น้ำตาลมีค่าเท่ากับ 668.14 บาทต่อตัน หากโรงงานน้ำตาลพิษณุโลกใช้ระบบรางมามีส่วนในการส่งออกผลิตภัณฑ์น้ำตาลจะทำให้เหลือต้นทุนโดยรวมในการส่งออกผลิตภัณฑ์น้ำตาลเพียงแค่ 344.25 บาทต่อตัน

นอกจากนี้หากโรงงานน้ำตาลมีความต้องการที่จะใช้การขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลในรูปแบบของการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (Multimodal Transportation) โดยการยกขนตู้คอนเทนเนอร์เปล่า

ขึ้นรถบรรทุกพ่วง/เทรลเลอร์ที่สถานีบรรจุและแยกสินค้ากล่อง ลาดกระบัง มาบรรจุน้ำตาลที่โรงงานน้ำตาลพิษณุโลก แล้วจึงขนตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรจุน้ำตาลมายังสถานีรถไฟบางกระทุ่ม แล้วจึงทำการขนถ่ายตู้คอนเทนเนอร์ขึ้นขบวนรถไฟไปยังสถานีบรรจุและแยกสินค้ากล่อง ลาดกระบัง แล้วจึงขนส่งต่อไปยังท่าเรือแหลมฉบังเพื่อส่งออกไปยังต่างประเทศ ซึ่งในกรณีต้นทุนรวมมีค่าเท่ากับ 89,141,486.40 บาทต่อปี หรือคิดเป็น 631.526 บาทต่อตัน ในส่วนของต้นทุนที่สูงขึ้น เนื่องจากเกิดการขนถ่ายที่ซ้ำซ้อน (Double handling) ระหว่างกระบวนการขนส่ง เช่น กระบวนการยกขนตู้คอนเทนเนอร์ขึ้นรถบรรทุกที่ ICD ลาดกระบัง เพื่อขนส่งมาบรรจุน้ำตาลเข้าตู้ที่โรงงานน้ำตาล กระบวนการยกขนตู้คอนเทนเนอร์ขึ้นรถไฟเพื่อขนส่งกลับไปยัง ICD ลาดกระบัง เป็นต้น

ผลจากการทดสอบความต้านทานต่อความสั่นสะเทือนของผลิตภัณฑ์น้ำตาล และผลการพิจารณาภาพรวมลักษณะทางพลศาสตร์ของเส้นทางการขนส่ง จากโรงงานน้ำตาลพิษณุโลกไปยังด่านพรมแดนเชียงของ-ห้วยทราย อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำตาลยังไม่เกิดระดับความเสียหายเมื่อระดับความถี่ของการสั่นสะเทือนที่เพิ่มขึ้น และการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลโดยใช้เส้นทางการขนส่ง จากโรงงานน้ำตาลพิษณุโลกไปยังด่านพรมแดนเชียงของ-ห้วยทราย อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย มีแนวโน้มไม่ทำให้สินค้าเสียหายในระหว่างการขนส่ง

5.2 ข้อเสนอแนะ

สำหรับข้อเสนอแนะหลังจากที่ผู้วิจัยได้จากผลการศึกษางานวิจัยนี้ สามารถสรุปได้เป็น 4 ประเด็นดังต่อไปนี้

5.2.1 ข้อเสนอแนะต่อการพัฒนาระบบการขนส่งทางราง

การรถไฟแห่งประเทศไทยควรดำเนินงานตามนโยบายของรัฐบาลไทย เนื่องจากในปัจจุบันรัฐบาลไทยได้ส่งเสริมให้มีการใช้ระบบรางในการขนส่งสินค้า ดังนั้น ทางรัฐบาลจึงมีโครงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งสินค้า อย่างเช่น การพัฒนาระบบราง การพัฒนาระบบการขนถ่ายสินค้าแบบอัตโนมัติ เพื่อลดเวลาการเดินทางและต้นทุนการขนส่งสินค้า ซึ่งจะทำให้ผู้ประกอบการหันมาใช้บริการการขนส่งผลิตภัณฑ์ด้วยระบบรางมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นการตอบสนองต่อแผนยุทธศาสตร์ภายใต้ไทยแลนด์ 4.0 ของรัฐบาลอีกด้วย

5.2.2 ข้อเสนอแนะต่อการพัฒนาท่าเรือแหลมฉบัง

ท่าเรือแหลมฉบัง ควรแก้ปัญหาความแออัดของท่าเรือแหลมฉบัง ซึ่งข้อมูลจากเว็บไซต์ของสำนักงานเพื่อการพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก (สกรศ.) ประจำปี พ.ศ. 2559 ระบุว่า ท่าเรือแหลมฉบังมีขีดความสามารถที่จะรองรับตู้สินค้าได้สูงสุดประมาณ 11 ล้านตู้ต่อปี และรถยนต์ประมาณ 2 ล้านคันต่อปี ซึ่งปัจจุบันท่าเรือแหลมฉบังมีปริมาณการขนถ่ายตู้คอนเทนเนอร์ผ่านท่าเรือประมาณ 7 ล้านตู้ต่อปี และรถยนต์ประมาณ 1 ล้านคันต่อปี หรือเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 19,170 ตู้ และ 2,740 คัน ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดความแออัดของท่าเรือเป็นอย่างมาก ทั้งนี้โครงการพัฒนาท่าเรือแหลมฉบังในระยะที่ 3 ได้วางแผนการเพิ่มสัดส่วนการขนส่งตู้สินค้าผ่านท่าเรือโดยรถไฟจากร้อยละ 7 เป็นร้อยละ 30 หรือ 4 ล้านตู้ต่อปี โดยใช้ระบบอัตโนมัติเพื่อลดความแออัดดังกล่าว

5.2.3 ข้อเสนอแนะต่อโรงงานน้ำตาลพิษณุโลกในด้านการ

โรงงานน้ำตาลพิษณุโลกควรพิจารณาการนำระบบรางเข้ามาช่วยในการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล เนื่องจากระบบรางสามารถช่วยลดต้นทุนในด้านของการขนส่ง ทำให้เกิดความได้เปรียบในการแข่งขันสำหรับผลิตภัณฑ์น้ำตาลของโรงงานพิษณุโลก ซึ่งในปัจจุบันรัฐบาลมีโครงการพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจ ที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างพื้นฐานทางคมนาคมขนส่งเพื่อเชื่อมโยงการเดินทางทั้งทางบก ทางราง ทางน้ำ และทางอากาศแบบไร้รอยต่อ (Seamless operations) โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันจากการลดเวลาการเดินทางและต้นทุนการขนส่งที่สามารถเชื่อมโยงการขนส่งสินค้าของประเทศไทยกับภูมิภาคได้อย่างมีประสิทธิภาพ หนึ่งในระบบขนส่งที่มีประสิทธิภาพคือระบบการขนส่งทางรางเชื่อมโยงจีน ลาว ไทย และกัมพูชา ไปสิ้นสุดยังท่าเรือน้ำลึกแหลมฉบัง จ.ชลบุรี

5.2.4 ข้อเสนอแนะต่อบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตน้ำตาล และลักษณะทางพลศาสตร์ของเส้นทางการขนส่ง

จากผลการทดสอบ พบว่า โรงงานน้ำตาลพิษณุโลก ได้ใช้บรรจุภัณฑ์ และเส้นทางการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล ที่ไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อผลิตภัณฑ์น้ำตาลแล้ว ดังนั้นจึงควรใช้เป็นมาตรฐานต่อไป

บรรณานุกรม

1. สนข., "ยุทธศาสตร์การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านคมนาคมขนส่งของไทย พ.ศ. 2558-2565". 2556.
2. สนข., "แผนงานในภารกิจหลักของกระทรวงคมนาคม ภายใต้ (ร่าง) ยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบคมนาคมขนส่งของไทย ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579)". 2559.
3. กาญจนา เศรษฐนันท์, ด.เ., สุจินต์ บุรีรัตน์, อนุรักษ์ ทองสุโขวงศ์, และสุรชัย จันทร์จรัส, , การปรับรูปแบบห่วงโซ่อุปทานเพื่อเตรียมความพร้อมในการเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย, in รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. 2556, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ(วช.) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).
4. CSCMP (Council of Supply Chain Management Professionals). *Supply Chain Management: Terms and Glossary*. 2013.
5. กลุ่มน้ำตาลไทยรุ่งเรือง. ธุรกิจน้ำตาล. Available from: http://www.trrgroup.com/business/index.php.
6. Chiadamrong, N. and R. Kawtummachai, *A methodology to support decision-making on sugar distribution for export channel: A case study of Thai sugar industry.* Computers and Electronics in Agriculture, 2008. 64(2): p. 248-261.
7. สิทธา เจนศิริศักดิ์, ส.อ., ปรเมศวร์ เหลือเทพ, พนกฤษณ คลังบุญครอง, และจิตติชัย รุจนกนกนาฏ,, การใช้ประโยชน์จากโครงสร้างพื้นฐานและการปรับรูปแบบการขนส่งเพื่อลดต้นทุนขนส่งสินค้าของสินค้าเกษตรส่งออกของไทย, in รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. 2559, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ(วช.) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย(สกว.).
8. ศักรธร บุญทวียุวัฒน์, การปรับเปลี่ยนเส้นทางการขนส่งภายในประเทศเพื่อการส่งออกมะม่วง. วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา, 2558. ปีที่ 26(ฉบับที่ 1).
9. Reis, V., et al., *Rail and multi-modal transport.* Research in Transportation Economics, 2013. 41(1): p. 17-30.
10. *Incoterms* 2010. Available from: https://internationalcommercialterms.guru/.
11. SteadieSeifi, M., et al., *Multimodal freight transportation planning: A literature review.* European Journal of Operational Research, 2014. 233(1): p. 1-15.
12. ดร.สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์, บทที่ 9 บทนำของลอจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทาน, in วิศวกรรมขนส่ง. 2551: ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. p. 363 - 383.

13. นาวี เจี่ยดำรง, แ.แ., โครงการการบริหารจัดการโกดังสินค้าและคลังกระจายสินค้า สำหรับอุตสาหกรรมน้ำตาล, in รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. 2550, สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).
14. กรมการขนส่งทางบก. Available from: http://www.chinashop.info/2014/07/logistic.html.
15. ประจวบ เพิ่มสุวรรร และพัฒน์ พิสิษฐเกษฒ, จะจัดการบรรจุภัณฑ์โลจิสติกส์อย่างไรให้มีประสิทธิภาพ. Executive Journal, 2554: p. 130-137.
16. สำนักโลจิสติกส์ กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่. Available from: http://www.logistics.go.th/.
17. กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย. 2554.
18. เกศรินทร์ เพ็ชรรัตน์, ด.แ., ดวงกมล ตั้งสถิตพร, และนพพร สกุลยืนยงสุข,, การพัฒนาลูกอมสมุนไพรไทยพื้นบ้าน : ลดการอักเสบและดับกลิ่นปาก. 2555.
19. บริษัท น้ำตาลและอ้อยตะวันออก จำกัด มหาชน. ธุรกิจผลิตและจำหน่ายน้ำตาลทราย. 2558; Available from: http://www.esgroup.co.th/th/business/sugar.
20. (ไทย-ญี่ปุ่น), ส., ส.ส.ท. สร้างมาตรฐานเครื่องมือวัด เปิดห้องปฏิบัติการวัดอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย, in *TPA News* 2009.
21. Solution, F.N. การพัฒนาโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ ตอนที่ 3. 2554.
22. พยัคฆพงษ์, ก. อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์กระดาษ ตอนที่ 1/3 ทำความรู้จักกับอุตสาหกรรม. 2553 7 มิถุนายน 2553 Available from: http://pantavanij.blogspot.com/2010/06/13.html.
23. ธำรงโชติ, ด., เทคโนโลยีภาชนะบรรจุ. 2550, กรุงเทพ ฯ: โอเดียนสโตร์.
24. AstroInstrument Measuring Instruments and Testing Technology. *Package Testing Equipment* เครื่องทดสอบบรรจุภัณฑ์. 2009; Available from: http://www.astroinstrument.com/package-tester.html.
25. ข้ามสี่, ย., เอกสารคำสอนรายวิชา การบรรจุภัณฑ์ผลิตผลเกษตร. ภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2548.
26. คงเจริญเกียรติ, ป., เทคโนโลยีการแปรรูปบรรจุภัณฑ์. 2558, เอกสารการสอนชุดวิชาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
27. อภิปรัชญาสกุล, ค., โลจิสติกส์และการจัดการซัพพลายเชน. 2546: นัฐพรการพิมพ์.

ภาคผนวก ก.

ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมและผลที่ได้รับ

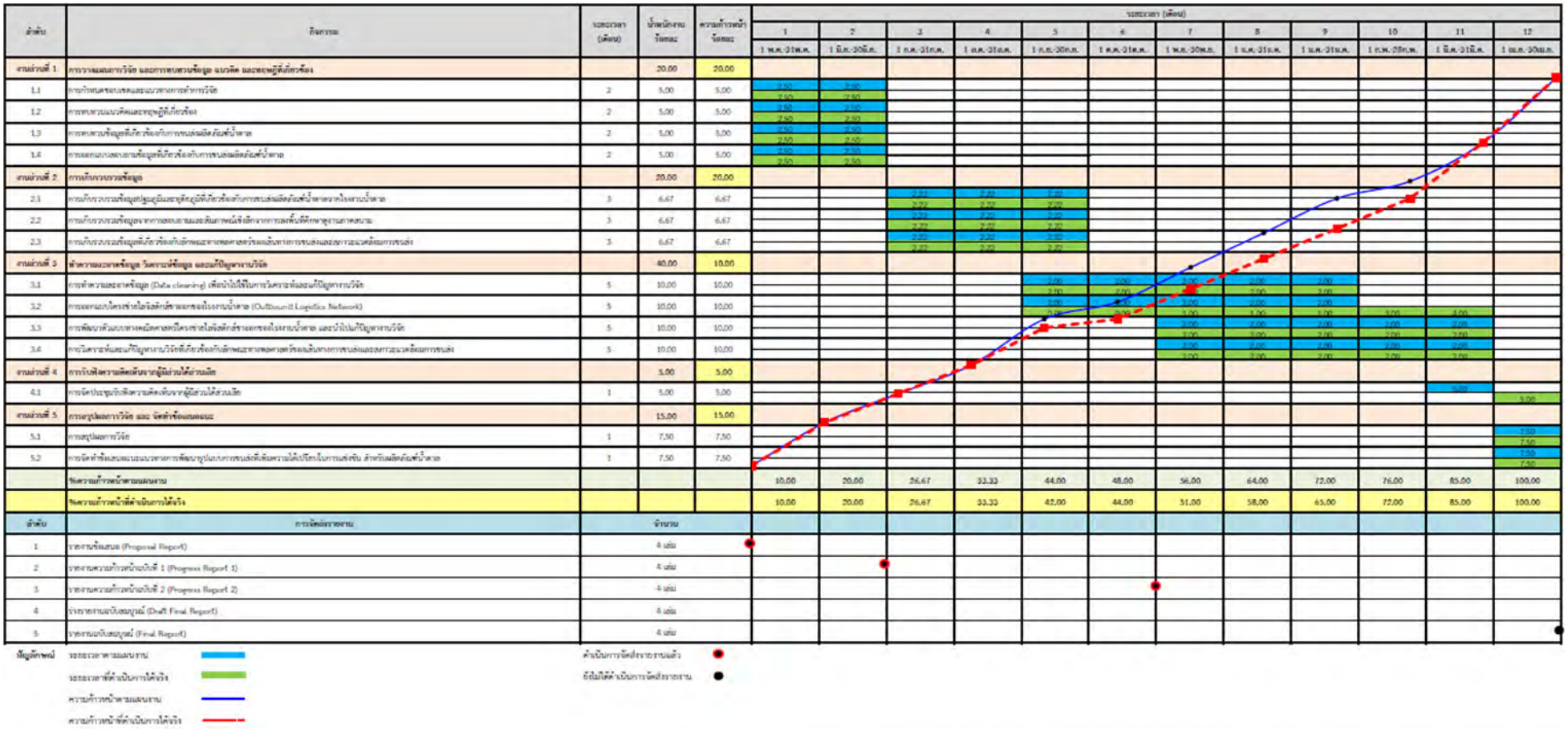
1. ความสัมพันธ์ระหว่างประโยชน์ที่ได้รับกับวัตถุประสงค์

ประโยชน์ข้อที่	ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	ตอบสนองวัตถุประสงค์ข้อที่
1	ได้ผลการศึกษารูปแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลทั้งทางถนนและทางรถไฟ พร้อมทั้งโครงสร้างพื้นฐานของระบบโลจิสติกส์เพื่อการขนส่ง และการบรรจุภัณฑ์ (Packaging) ป้องกันตัวสินค้าจากความเสียหายและอำนวยความสะดวกในการจัดเก็บ เคลื่อนย้าย และการขนส่งให้ความเหมาะสมกับอุปกรณ์การขนย้าย และคลังสินค้า เพื่อช่วยในการลดต้นทุนด้านวัตถุดิบ	1 และ2
2	ได้ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล เพื่อทราบค่าใช้จ่ายในการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล	3
3	สามารถสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันของผลิตภัณฑ์น้ำตาลได้จากรูปแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลของโรงงานน้ำตาลพิษณุโลก มาปรับใช้ในภาคอุตสาหกรรมน้ำตาล เพื่อลดต้นทุนในการขนส่งได้	3
4	ผู้ที่เกี่ยวข้องอยู่ในโซ่คุณค่า เช่น เกษตรกร ผู้ประกอบการ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จะสามารถนำความรู้ที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างพื้นฐานของระบบโลจิสติกส์ ลักษณะทางพลศาสตร์เส้นทาง และสภาวะแวดล้อมของการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลมาใช้ปฏิบัติได้ในการขนส่งได้อย่างถูกต้องเหมาะสม	2

2. ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ และผลในรายงานฉบับสมบูรณ์

ข้อที่	รายละเอียด	กิจกรรมที่ทำและเนื้อหาในรายงาน
1	ศึกษารูปแบบการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลทางถนน และทางรถไฟ	รวบรวมข้อมูลทั้งปฐมภูมิ ทุติยภูมิ และลงพื้นที่จริงเพื่อขอข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยแสดงไว้ในบทที่ 2,3,4 และภาคผนวก ก.
2	ศึกษาโครงสร้างพื้นฐานของระบบโลจิสติกส์ ลักษณะทางพลศาสตร์ของเส้นทางการขนส่ง และสภาวะแวดล้อมของการขนส่งผลิตภัณฑ์	ศึกษาเส้นทางการขนส่ง และการทดสอบการสั่นสะเทือน โดยแสดงไว้ในบทที่ 2,3 และ 4
3	วิเคราะห์ต้นทุนการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่เหมาะสม	พัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ เพื่อหารูปแบบการส่งออกผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่มีต้นทุนโดยรวมต่ำที่สุด ดังแสดงไว้ในบทที่ 4

3. ตารางเปรียบเทียบกิจกรรมที่เสนอในข้อเสนอโครงการ และกิจกรรมที่ดำเนินการจริง



ลำดับ	กิจกรรม	ระยะเวลา (เดือน)	น้ำหนักงาน ร้อยละ	ความก้าวหน้า ร้อยละ	ระยะเวลา (เดือน)											
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
					1 พ.ค.-31พ.ค.	1 มิ.ย.-30มิ.ย.	1 ก.ค.-31ก.ค.	1 ส.ค.-31ส.ค.	1 ก.ย.-30ก.ย.	1 ต.ค.-31ต.ค.	1 พ.ย.-30พ.ย.	1 ธ.ค.-31ธ.ค.	1 ม.ค.-31ม.ค.	1 ก.พ.-28ก.พ.	1 มี.ค.-31มี.ค.	1 เม.ย.-30เม.ย.
งานส่วนที่ 1	การวางแผนการวิจัย และการทบทวนข้อมูล แนวคิด และหลุมผู้ที่เกี่ยวข้อง		20.00	20.00												
1.1	การทำทบทวนขอบเขตและแนวทางการทำการวิจัย	2	5.00	5.00	2.50	2.50										
1.2	การทบทวนแนวคิดและหลุมผู้ที่เกี่ยวข้อง	2	5.00	5.00	2.50	2.50										
1.3	การทบทวนข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล	2	5.00	5.00	2.50	2.50										
1.4	การออกแบบสอบถามข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล	2	5.00	5.00	2.50	2.50										
งานส่วนที่ 2	การเก็บรวบรวมข้อมูล		20.00	20.00												
2.1	การเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิและหุ้นส่วนที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลจากโรงงานน้ำตาล	3	6.67	6.67			2.22	2.22	2.22							
2.2	การเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสอบถามและสัมภาษณ์เชิงลึกจากการลงพื้นที่ศึกษาดูงานภาคสนาม	3	6.67	6.67			2.22	2.22	2.22							
2.3	การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางพฤติกรรมด้านการขนส่งและการแนวคิดเกี่ยวกับการขนส่ง	3	6.67	6.67			2.22	2.22	2.22							
งานส่วนที่ 3	ทำความสะอาดข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และแก้ปัญหางานวิจัย		40.00	10.00												
3.1	การทำความสะอาดข้อมูล (Data cleaning) เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์และแก้ปัญหางานวิจัย	5	10.00	10.00					2.00	2.00	2.00	2.00	2.00			
3.2	การออกแบบโครงข่ายโลจิสติกส์ขาออกของโรงงานน้ำตาล (Outbound Logistics Network)	5	10.00	10.00					2.00	2.00	2.00	2.00	2.00			
3.3	การพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์โครงข่ายโลจิสติกส์ขาออกของโรงงานน้ำตาล และนำไปแก้ปัญหางานวิจัย	5	10.00	10.00					2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
3.4	การวิเคราะห์และแก้ปัญหางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางพฤติกรรมด้านการขนส่งและแนวคิดเกี่ยวกับการขนส่ง	5	10.00	10.00					2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
งานส่วนที่ 4	การรับฟังความคิดเห็นจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย		5.00	5.00												
4.1	การจัดประชุมรับฟังความคิดเห็นจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	1	5.00	5.00											5.00	
งานส่วนที่ 5	การสรุปผลการวิจัย และ จัดทำข้อเสนอแนะ		15.00	15.00												5.00
5.1	การสรุปผลการวิจัย	1	7.50	7.50												7.50
5.2	การจัดทำข้อเสนอแนะแนวทางการพัฒนาปรับปรุงแก้ไขที่เห็นความได้เปรียบในการแข่งขัน สำหรับผลิตภัณฑ์น้ำตาล	1	7.50	7.50												7.50
	ร้อยละความก้าวหน้าตามแผนงาน				10.00	20.00	26.67	33.33	44.00	48.00	56.00	64.00	72.00	76.00	85.00	100.00
	ร้อยละความก้าวหน้าที่ดำเนินการได้จริง				10.00	20.00	26.67	33.33	42.00	44.00	51.00	58.00	65.00	72.00	85.00	100.00

ลำดับ	การจัดส่งรายงาน	จำนวน
1	รายงานข้อเสนอ (Proposal Report)	4 เล่ม
2	รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 1 (Progress Report 1)	4 เล่ม
3	รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 2 (Progress Report 2)	4 เล่ม
4	ร่างรายงานฉบับสมบูรณ์ (Draft Final Report)	4 เล่ม
5	รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)	4 เล่ม

ปัญญัติพงษ์ ระยะเวลาตามแผนงาน

ระยะเวลาที่ดำเนินการได้จริง

ความก้าวหน้าตามแผนงาน

ความก้าวหน้าที่ดำเนินการได้จริง

ดำเนินการจัดส่งรายงานแล้ว

ยังไม่ได้ดำเนินการจัดส่งรายงาน

ภาคผนวก ข.

รายงานการเก็บข้อมูลภาคสนาม

รายละเอียดการเดินทางเก็บข้อมูลภาคสนาม

คณะผู้วิจัยได้เดินทางเพื่อสัมภาษณ์ และเก็บข้อมูลภาคสนาม โดยคณะผู้วิจัยได้เข้าเก็บข้อมูลทั้ง 4 สถานที่ ได้แก่ 1) คลังสินค้า พี.เค. บางไทร จ.พระนครศรีอยุธยา 2) ท่าเรือเคอร์รี่ สยามซีพอร์ต จ.ชลบุรี 3) สถานีบรรจุ และแยกสินค้ากล่อง ไอซีดี ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร และ4) บริษัท ทิฟฟ่า ไอซีดี จำกัด โดยรายละเอียดการเดินทางมีดังต่อไปนี้

1. คลังสินค้า พี.เค บางไทร

เวลา	รายละเอียดการเดินทาง
08.00 น.	เดินทางจากมหาวิทยาลัยนเรศวร สู่ จ.พระนครศรีอยุธยา
12.00 น.	แวะรับประทานอาหารกลางวันระหว่างทาง
13.30 น.	ศึกษาดูงานที่คลังสินค้า พี.เค บางไทร
16.00 น.	เดินทางจาก จ.พระนครศรีอยุธยา ไปยัง จ.ชลบุรี
19.00 น.	เดินทางสู่ที่พัก และรับประทานอาหารเย็น

ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์ เพื่อขอข้อมูลจากคุณยุทธนา ผู้ดูแลการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลของกลุ่มบริษัทไทยรุ่งเรือง สำหรับภาพบรรยากาศการลงพื้นที่เก็บข้อมูลที่คลัง พี.เค. บางไทร จะแสดงดังต่อไปนี้

คุณยุทธนาได้นำทีมนักวิจัยเยี่ยมชมโกดังเก็บน้ำตาลที่นำน้ำตาลทรายดิบมาพักก่อนที่จะขนย้ายเพื่อส่งออก

ทีมนักวิจัยร่วมกันสอบถามข้อมูลในส่วนของการเก็บน้ำตาลทั้งเรื่องของความจุโกดัง ปริมาณน้ำตาลที่ถูกนำมาเก็บในแต่ละเดือน เวลาในการขนย้ายน้ำตาล และชมการขนย้ายน้ำตาลเพื่อนำออกจากโกดังไปยังเรือโป๊ะ

นักวิจัยร่วมกันสอบถามคุณยุทธนา ผู้ดูแลการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลของกลุ่มบริษัทไทยรุ่งเรือง ในส่วนของการขนส่งน้ำตาลจากคลังสินค้าไปยังท่าเรือด้วยเรือโป๊ะ

2. ท่าเรือ เคอร์รี่ สยามซีพอร์ต

เวลา	รายละเอียดการเดินทาง
08.30 น.	ออกเดินทางจากที่พักใน จ.ชลบุรี ไปยังท่าเรือ เคอร์รี่ สยามซีพอร์ต
09.00 น.	ศึกษาดูงานที่ท่าเรือ เคอร์รี่ สยามซีพอร์ต
12.30 น.	รับประทานอาหารกลางวัน
13.30 น.	เดินทางจาก จ.ชลบุรี ไปยัง กรุงเทพมหานคร
15.00 น.	เดินทางสู่ที่พัก
18.00 น.	รับประทานอาหารเย็น

ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์และขอข้อมูลจากผู้จัดการฝ่ายการตลาด และผู้จัดการฝ่ายการขายที่ ท่าเรือ เคอร์รี่ สยามซีพอร์ต เพื่อสอบถามข้อมูลต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งน้ำตาลไปยังต่างประเทศ ขั้นตอนหรือกระบวนการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาล เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการลำเลียง หรือขนถ่ายผลิตภัณฑ์น้ำตาล และปรึกษาแนวทางการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลโดยมีระบบรางเข้ามาช่วย

ผู้จัดการฝ่ายการตลาดของท่าเรือ เคอร์รี่ สยามซีพอร์ต ได้กล่าวต้อนรับ และนำเสนอบริษัทต่อทีมนักวิจัย

ผู้จัดการฝ่ายการตลาด และผู้จัดการฝ่ายขาย ได้นำทีมนักวิจัยเข้าชมขั้นตอนการขนถ่ายสินค้าลงเรือเดินสมุทร และแนะนำอุปกรณ์การขนถ่ายที่ทันสมัยที่ช่วยในการขนถ่ายผลิตภัณฑ์น้ำตาลลงเรือเดินสมุทร

3. สถานีบรรจุ และแยกสินค้ากล่อง ลาดกระบัง

โดยผู้วิจัยได้สอบถามเกี่ยวกับวิธีการรับเข้า และส่งออกผลิตภัณฑ์น้ำตาล ต้นทุนที่เกี่ยวข้องในการรับเข้า และส่งออกผลิตภัณฑ์น้ำตาล และแนวทางการขนส่งน้ำตาลจากพิษณุโลกไปยังสถานีบรรจุ และแยกสินค้ากล่อง ไอซีดี ลาดกระบัง โดยรายละเอียดการเดินทาง และภาพบรรยากาศ ของการศึกษาดูงาน ที่สถานีบรรจุ และแยกสินค้ากล่อง ไอซีดี ลาดกระบัง

เวลา	**รายละเอียดการเดินทาง**
08.00 น.	ออกเดินทางจากที่พักไปยังสถานีบรรจุ และแยกกล่องสินค้า ไอซีดี และบริษัท ทิฟฟ่า ไอซีดี จำกัด
09.00 น.	ศึกษาดูงานที่สถานีบรรจุ และแยกกล่องสินค้า ไอซีดี และบริษัท ทิฟฟ่า ไอซีดี จำกัด
12.30 น.	รับประทานอาหารกลางวัน
13.30 น.	ออกเดินทางกลับสู่มหาวิทยาลัยนเรศวรโดยสวัสดิภาพ

สถานีบรรจุ และแยกสินค้ากล่อง ไอซีดี ลาดกระบัง

เจ้าหน้าที่ของสถานีบรรจุและแยกสินค้ากล่อง ลาดกระบัง ได้นำผู้วิจัยเข้าชมพื้นที่ของสถานีบรรจุและแยกสินค้ากล่อง ลาดกระบัง และอธิบายขั้นตอนของการทำงานภายในสถานี การนำสินค้าผ่านไปยังท่าเรือแหลมฉบังโดยรถไฟ และอัตราค่าให้บริการต่างๆ

4. บริษัท ทิฟฟ่า ไอซีดี จำกัด

โดยผู้วิจัยได้สอบถามเกี่ยวกับวิธีการรับเข้า และส่งออกผลิตภัณฑ์น้ำตาล ต้นทุนที่เกี่ยวข้องในการรับเข้า แนวทางและขั้นตอนต่างๆ ในการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลจากโรงงานพิษณุโลกด้วยรถไฟ และส่งออกผลิตภัณฑ์น้ำตาล สำหรับการขนส่งโดยรถไฟ

ทีมนักวิจัยได้นำเสนอที่มาและแนวคิดของโครงการวิจัย และได้สอบถามแนวทางการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลโดยรถไฟ กับบริษัท ทิฟฟ่า ไอซีดี จำกัด และทางบริษัท ทิฟฟ่า ไอซีดี จำกัด ได้นำเสนอขั้นตอนการขนส่งสินค้าโดยรถไฟ และให้คำแนะนำเกี่ยวกับการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลจากโรงงานพิษณุโลกไปยังท่าเรือเพื่อส่งออกต่างประเทศโดยรถไฟ

ภาคผนวก ค.

สรุปการประชุมสัมมนากลุ่มย่อย

คณะผู้วิจัยได้มีโครงการย่อย 1 ได้มีการนัดประชุมกันเดือนละครั้ง เพื่อติดตามงาน และปรึกษาปัญหาต่างๆ และหาทางแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำวิจัย โดยวัตถุประสงค์ของการประชุมเพื่อสร้างความเข้าใจร่วมกันระหว่างผู้วิจัย และผู้ช่วยวิจัย ในประเด็นของการวิจัยต่างๆ ให้สามารถทำวิจัยได้อย่างราบรื่น ภาพบรรยากาศของการประชุมจะแสดงดังนี้