บทที่ 3

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 อุตสาหกรรมเครื่องดื่มกระป๋อง

โรงงานเครื่องดื่มกระป๋องที่นำมาเป็นกรณีศึกษานั้นมีการผลิตเครื่องดื่มกระป๋องทั้งหมด 2 สูตร โดยในกระบวนการผลิตมีการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาใช้ ซึ่งอุปกรณ์และเครื่องจักรที่ใช้ ล้วนถูกควบคุมโดยระบบคอมพิวเตอร์และอิเลคทรอนิกส์ทั้งหมด ซึ่งระบบ PLC (Programmable Logic Controller) ได้ถูกนำมาใช้ในกระบวนการผลิตทั้งหมดจึงสามารถมั่นใจได้ในความสะอาดและความปลอดภัยในการบริโภคของผลิตภัณฑ์มกระป๋อง

ขั้นตอนการผลิตเครื่องดื่มกระป๋องแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นตอนการผลิตเครื่องดื่ม (Processing)
2. ขั้นตอนการบรรจุและปิดผนึก (Filling and Closing)
3. ขั้นตอนการฆ่าเชื้อ (Sterilization)
4. ขั้นตอนการหีบห่อ (Packaging)

1. ขั้นตอนการผลิตเครื่องดื่ม (Processing)

เป็นการนำส่วนผสมทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตมาละลายน้ำและผสมวัตถุดิบทุกอย่างเข้าด้วยกัน โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 การ Tipping

ขั้นตอนการ Tipping เป็นขั้นตอนการเทวัตถุดิบลงใน hopper ซึ่งก่อนที่จะเริ่มทำการเทวัตถุดิบ Tipping Operator จะทำการตรวจคุณภาพต่างๆของวัตถุดิบโดยรวม และ จำนวน lot ของวัตถุดิบ เป็นต้น ภายในห้อง tipping จะมีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเพื่อเก็บรักษาวัตถุดิบทุกอย่างให้ปลอดภัยโดยจะมีการกรองอากาศภายในเพื่อป้องกันวัตถุดิบจากการเจริญของเชื้อโรค

1.2 การ Dissolving

เป็นขั้นตอนการละลายส่วนผสมทั้งหมดให้เรียบร้อยก่อนจะส่งไปที่ Blending Tank โดยเป็นการรับวัตถุดิบมาจากส่วน Tipping เมื่อเทวัตถุดิบลงใน Hopper แล้ว วัตถุดิบจะเคลื่อนที่โดยการทำงานของ Screw Feeder เพื่อลงมาใน Tank ต่างๆและละลายน้ำ ซึ่งในการ Dissolve จะแตกต่างไปตามวัตถุดิบ

การ CIP ของ Process

CIP (Cleaning In Place) คือ การทำความสะอาดภายในท่อเครื่องจักรโดยใช้ปั๊ม ปั๊มสารเคมีทำความสะอาดไหลเวียนภายในโดยไม่มีการถอดชิ้นส่วนเครื่องจักรและประกอบใหม่ ซึ่งเป็นเทคนิคการทำความสะอาดโดยใช้ระบบอัตโนมัติ CIP จะอาศัยองค์ประกอบของเวลา การไหลวนของเหลว (สารเคมี) ความร้อน และกลไกทาง Mechanical การทำ CIP จะทำขึ้นเมื่อมีการผลิต Line ติดต่อกันนาน 16 Batch และเมื่อการผลิตมีการหยุดชะงัก

2. **ขั้นตอนการบรรจุและปิดผนึก** (Filling and Closing)

เป็นขั้นตอนที่นำเครื่องดื่ม (Finish Product) จาก Blending Tank ส่งมาตามท่อผ่านการ Pasteurization และผ่านเครื่อง Homogenizer เครื่องดื่มจะถูกส่งมาที่ top unit vale ที่อยู่ด้านบนของ Filling Blow จะทำหน้าที่ คอยเปิดปิดน้ำเครื่องดื่มก่อนที่จะทำการบรรจุใน Filling Bowl ของเครื่อง Filler เพื่อรอบรรจุลงในกระป๋อง และทำการปิดผนึกฝากับกระป๋องโดยเครื่อง Closer ซึ่งจะทำงานต่อเนื่องกัน โดยที่กระป๋องนั้นจะรับกระป๋องมาจาก Supplier ทางโรงงานไม่ได้ผลิตกระป๋องเอง ขั้นตอนการบรรจุและปิดผนึกมีดังต่อไปนี้

3. **ขั้นตอนการฆ่าเชื้อ** (Sterilization)

- Load: กระป๋องถูกส่งมาจาก Filling and Closing จะมาผ่านเครื่อง Load เพื่อพร้อมที่จะนำลงตะกร้า ก่อนนำไปเข้า Retort เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆที่อาจเกิดขึ้นและเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค โดยระบบที่ควบคุมการทำงานจะเป็นระบบที่ใช้ตัว Sensor ทั้งหมด เมื่อกระป๋องถูกส่งมาเครื่องจะทำการโหลดลงตะกร้า มีทั้งหมด 6 ตะกร้า บรรจุกระป๋องลงทั้งหมด 28,980 กระป๋องโดย 1 ตะกร้า จะมีทั้งหมด 10 ชั้น บรรจุกระป๋องชั้นละ 483 กระป๋อง ดังนั้น 1 ตะกร้า จะบรรจุกระป๋องทั้งหมด 4,830 กระป๋อง

ในการนำกระป๋องลงตะกร้า ตะกร้าเปล่าจะถูกเคลื่อนมายังตำแหน่ง Lift และเมื่อ Product ที่มาจากสายพานเต็มแล้ว จะถูกนำลงตะกร้า ในขณะเดียวกันจะมี Suction cup เป็นตัวดูด Layer Pad โดยใช้ลมดูดขึ้นมา 1 แผ่น เพื่อกั้น Product ระหว่างชั้น เมื่อแผ่น Layer Pad ถูกปล่อยลงไปแล้ว Lift จะเคลื่อนขึ้นมาเพื่อรอรับกระป๋องชั้นต่อไปจนบรรจุกระป๋องเต็มตะกร้าจนครบ 6 ตะกร้า ซึ่ง Layer Pad จะมีลักษณะเป็นรู เนื่องจาก เมื่อเข้าตู้ Retort จะมีการฆ่าเชื้อในกระป๋องโดยใช้น้ำร้อน ถ้า Layer Pad มีลักษณะเป็นรูจะทำให้ความร้อนจากน้ำร้อนแผ่กระจายไปทั่วถึงทุกกระป๋องในตะกร้า ทำให้น้ำสะดวกในการพาความร้อน และเพิ่มประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อ

- **Sterilization (Retort):** เมื่อกระป๋องถูก Load ลงตะกร้าครบ 6 ตะกร้าแล้ว จะมี Shuttle เป็นตัวเลื่อนมารับตะกร้าเพื่อนำไปเข้า Retort โดยจะใช้ระบบ Sensor ทั้งหมด ในขั้นตอน Sterilization นี้จะเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด เนื่องจาก เป็นขั้นตอนการฆ่าเชื้อที่อาจเกิดขึ้นในเครื่องดื่ม ในกระบวนการฆ่าเชื้อจะมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ไว้แล้ว ก่อนการนำตะกร้าเข้า Retort จะต้องวัดอุณหภูมิเริ่มต้น (Initial Temperature) เพื่อกำหนดอุณหภูมิในการ Pre heat ให้มากกว่า Initial Temperature 5 องศาเซลเซียส กำหนดให้เครื่องดื่มกระป๋องจากชั้นที่ 10 ของตะกร้าที่ 1 ของแต่ละ Batch Retort เพราะตำแหน่งนี้จะให้ค่า Initial Temperature ที่ต่ำที่สุด ถ้าอุณหภูมิเริ่มต้นของกระป๋องที่สุ่มมาต่ำกว่า 50 องศาเซลเซียส Sterilized Operator จะต้องทำการเพิ่มเวลาการฆ่าเชื้อของ Batch Retort นั้นขึ้นจากปกติอีก 2 นาที

- **Unload:** Product ที่ผ่านการฆ่าเชื้อเสร็จเรียบร้อยแล้วจะถูกนำออกจากตู้ Retort เพื่อลำเลียงออกมายัง Shuttle โดยระบบ Sensor จากนั้นเมื่อตะกร้าทั้งหมดเคลื่อนมาที่ส่วนของ Unload กระป๋องจากตะกร้าที่ 6 ชั้นบนสุดจะถูกนำออกมาวางบนสายพาน จนกระทั่งครบทั้ง 6 ตะกร้า กระป๋องทั้งหมดจะถูกลำเลียงไปบนสายพาน หลังจากกระป๋องผ่านส่วนของ Unload แล้วจะถูกนำไปผ่าน Can dryer ซึ่งเป็นการเป่าลมให้กับกระป๋องที่อุณหภูมิปกติเพื่อทำให้กระป๋องแห้ง จากนั้นจะผ่าน Grammar ray โดย Grammar ray จะเป็นตัว Sensor ว่ากระป๋องนั้นมีการบรรจุเครื่องดื่มในระดับต่ำเกินมาตรฐานหรือไม่ ถ้าบรรจุต่ำกว่ามาตรฐาน จะดีดกระป๋องออกมาใส่ตะกร้ากลายเป็น Rework หลังจากนั้นจะนำไปผ่านเครื่องตรวจ Vacuum เพื่อดูว่าเครื่องดื่มที่บรรจุในกระป๋องบรรจุมากเกินมาตรฐานหรือไม่ (Overfill) โดยถ้าบรรจุมากเกินไป จะเป็นผลให้สุญญากาศในกระป๋องมีค่าต่ำกว่าที่กำหนดไว้ในเครื่องตรวจ กระป๋องก็จะถูกดีดออกเช่นกัน

4. **ขั้นตอนการหีบห่อ** (Packaging)

เมื่อกระป๋องผ่านการตรวจ Vacuum แล้ว จะมาผ่านส่วนที่เป็น Buffer ซึ่งจะทำหน้าที่กักผลิตภัณฑ์เมื่อเครื่อง Tray wrapper มีปัญหา จะทำงานเมื่อมีกระป๋องอยู่เต็มสายพาน โดยระบบที่ควบคุมการทำงานจะเป็นระบบ Sensor ทั้งหมด ซึ่งจะมี Sensor ทั้งหมด 4 จุดตามตำแหน่งต่างๆ บนสายพาน และ Sensor ทั้ง 4 ตัวนี้จะถูกกด เนื่องจากกระป๋องแน่นสายพาน ส่วนของ Buffer จะเคลื่อนถอยหลังซึ่งมีที่ว่างให้ผลิตภัณฑ์เคลื่อนที่มาเก็บ เมื่อผลิตภัณฑ์ไม่แน่นเต็มสายพานแล้ว Buffer จะส่งผลิตภัณฑ์ออกไปยังสายพาน เพื่อนำไป packing อีกครั้ง

หลังจากนั้นผลิตภัณฑ์จะถูกส่งไปยังเครื่อง Tray wrapper ซึ่งแยกได้เป็น 6 ช่องทาง จะทำหน้าที่จัดกระป๋องได้ 6 แถว ถ้ากระป๋องที่ผ่านมาไม่ครบ 6 แถว จะมีตัว Sensor สั่งให้กระป๋องหยุดเคลื่อนที่มาจนกว่าผลิตภัณฑ์จะถูกส่งมาครบ 6 แถว ในการบรรจุหีบห่อ 1 Tray จะมีทั้งหมด 30 กระป๋อง ประกอบด้วย 6 แถว แถวละ 5 กระป๋อง ต่อมากระป๋องผ่านตัว Sensor จับกระป๋อง ถ้ามีกระป๋องล้มกระป๋องใดกระป๋องหนึ่ง เครื่องก็จะหยุดทำงานทันที พร้อมกับมีเสียง Alarm ดังขึ้นเพื่อให้ Operator ตรวจสอบ

จากนั้น Can stop จะทำการปล่อยกระป๋องทีละ 3 กระป๋องเพื่อบรรจุลงใน Tray โดยเมื่อมีกระป๋องผ่านมา ก็จะมีตัว Sensor จับว่ามีกระป๋องมาแล้ว ขณะเดียวกันจะส่งสัญญาณไปยังตัวดูดถาดกระดาษ ซึ่งจะดูดถาดกระดาษขึ้นมาด้วยระบบสุญญากาศ โดยใช้ลมหมุนเวียน เมื่อถาดกระดาษถูกส่งขึ้นมารองรับกระป๋องแล้ว กระป๋องจะถูกนำมาวางจนครบ 30 กระป๋อง เครื่องก็จะทำการพ่นกาวออกมาตามจุดรอยต่อต่างๆ และทำการขึ้นรูปถาดจนได้เป็น 1 Tray จากนั้นจะมีตัว Sensor จับว่ามี Tray มาแล้ว เครื่องจะทำการยิง Code ของ tray ที่ผ่านไป

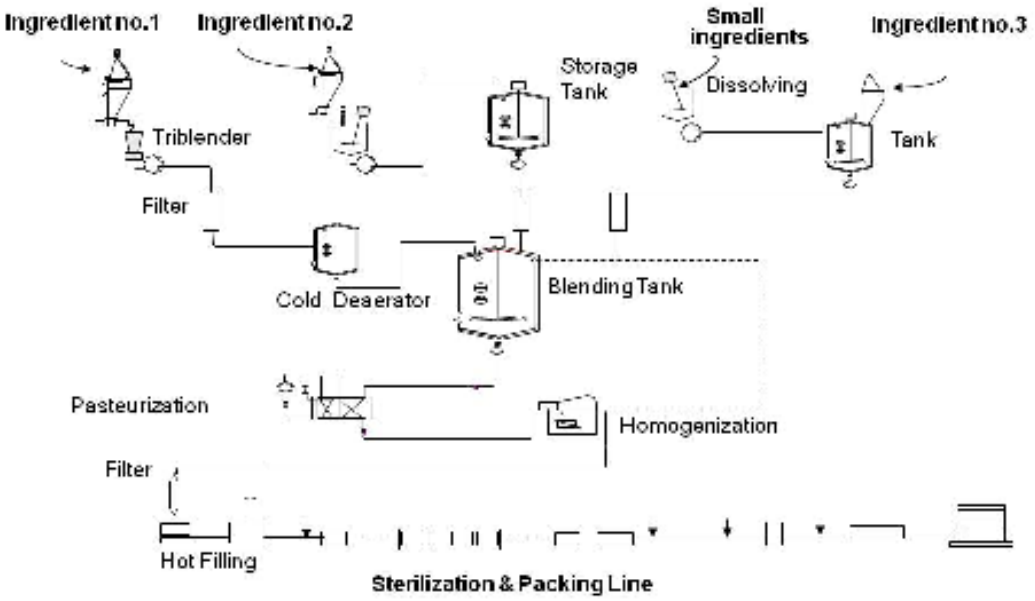
เมื่อเครื่องทำการยิง Code เสร็จแล้ว ขณะเดียวกันเครื่องจะทำการคลุมพลาสติกรอบๆ Tray ไปด้วย (Wrap shrink film) และผ่านเข้าเครื่อง Tray wrapper ซึ่งมีอุณหภูมิสูงประมาณ 235 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่ใช้จะขึ้นอยู่กับความหนาของ Shrink film ด้วย ซึ่งที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ Shrink film เกิดการหดตัวรอบๆกระป๋องและ Tray ทำให้กระป๋องไม่หล่นจาก Tray

จากนั้นกระป๋องจะเคลื่อนที่ไปตามสายพาน โดยจะผ่านเครื่อง Check weigh จะตรวจสอบว่า ใน 1 Tray ครบ 30 กระป๋องหรือไม่ ซึ่งจะมีน้ำหนักประมาณ 6.6 กิโลกรัม ถ้าใน 1 Tray ไม่ครบ 30 กระป๋อง เครื่องจะทำการดีด Tray นั้นออก

เมื่อ Tray ผ่านการ Check weight แล้ว จะถูกนำมาผ่านเครื่อง Two way โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ทาง ทางละ 4 Tray ซึ่งจะมีตัว Sensor จับว่า Tray ที่เคลื่อนที่มาเมื่อครบ 4 Tray จะเปลี่ยนทิศทางการวาง Tray ถ้า Tray มาไม่ตรงทาง จะมีตัว Sensor จับ สายพานก็จะหยุดการทำงาน

จากนั้นสายพานจะนำ Tray มาผ่านเครื่อง Palletizer เพื่อจัดวางรูปแบบของ Tray จนได้ Pallet finish good โดยจะจัดวาง Tray แตกต่างกันไปตาม Product ที่ต้องส่งขาย ในลำดับสุดท้าย เมื่อเรียง Tray ตามรูปแบบแล้ว จะถูกนำมาผ่านเครื่อง TOSA ซึ่งเป็นเครื่องพันพลาสติกสามารถปรับความตึง (Stretch Film) และปรับความเร็วรอบของ Motor ได้ (Spiral pitch) จากนั้นทำการ Print สติ๊กเกอร์ SSCC แล้วทำการลงบันทึกข้อมูลตามสติ๊กเกอร์ SSCC และจดเวลาของ Pallet finish good และติดแผ่นสติ๊กเกอร์ SSCC ที่ Pallet finish good

ภาพที่ 3.1-1 ภาพแสดงขั้นตอนกระบวนการผลิตเครื่องดื่มกระป๋อง



3.2 **การประเมินวัฏจักรชีวิต** (Life Cycle Assessment: LCA)

วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment; LCA) ของผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต หรือการบริการ เป็นการศึกษาถึงผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ หรือของกระบวนการผลิต หรือของการบริการนั้นๆ องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (International Organization for Standardization; ISO) ได้นิยามความหมายของ LCA ไว้ในอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 ว่า “เป็นการเก็บรวบรวมและการประเมินค่าของสารขาเข้าและสารขาออก รวมถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีโอกาสเกิดขึ้นในระบบผลิตภัณฑ์ตลอดวัฏจักร” ข้อมูลที่ได้จากการประเมินวัฏจักรชีวิต สามารถนำมาใช้ศึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบผลิตภัณฑ์ หรือของกระบวนการผลิต หรือของการบริการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น (Eco Design) เพื่อเตรียมความพร้อมในการรองรับมาตรการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมของกลุ่มประเทศในสหภาพยุโรปและประเทศพัฒนาอื่นๆ ซึ่งกลุ่มอุตสาหกรรมที่จะได้รับผลกระทบจากมาตรการเหล่านี้เป็นกลุ่มแรกคือกลุ่มอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเลคทรอนิกส์ ตัวอย่างของมาตรการต่างๆที่จะบังคับใช้ในอนาคตอันใกล้เช่น ระเบียบของสหภาพยุโรปว่าด้วยสารเคมี (Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals; REACH) ระเบียบว่าด้วยการจำกัดการใช้สารอันตรายบางชนิดในผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Restriction of

the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment; RoHS) ระเบียบที่ให้ผู้ผลิตต้องรับผิดชอบในการเรียกคืนซากสินค้าที่หมดอายุ (Waste Electrical & Electronic Equipment; WEEE) และกฎหมายการแปรรูปและนำกลับมาใช้ใหม่ของผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนของประเทศญี่ปุ่น

ที่มาของการประเมินวัฏจักรชีวิต

สืบเนื่องจากวิกฤตการณ์พลังงานในช่วงปี ค.ศ. 1970 ทำให้ประเทศต่างๆ มีนโยบายการประหยัดพลังงานซึ่งส่งผลต่อการปลูกจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อม การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตจึงถูกพัฒนาขึ้นและขยายรวมถึงการวิเคราะห์ผลกระทบจากการแพร่มลพิษและของเสียที่เกิดขึ้น ต่อมาภาครัฐของประเทศต่างๆได้ให้ความสนใจในการศึกษานี้มากขึ้น ทำให้มีการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ปริมาณผลกระทบของผลิตภัณฑ์สำหรับเปรียบเทียบความรุนแรงของปัญหาที่ต่างประเภทกันเช่น การทำให้โลกร้อนขึ้นและการลดลงของทรัพยากร เป็นต้น

การประเมินวัฏจักรชีวิต คือกระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การสกัดหรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการแจกจ่าย การใช้งานผลิตภัณฑ์ การใช้ใหม่/แปรรูป และการจัดการเศษซากของผลิตภัณฑ์หลังจากการใช้งาน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า เป็นการพิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมถึงปริมาณของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อที่จะหากระบวนการในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิต

ขั้นตอนการทำ LCA มีขั้นตอนหลักๆ 4 ขั้นตอนได้แก่

1. การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope)

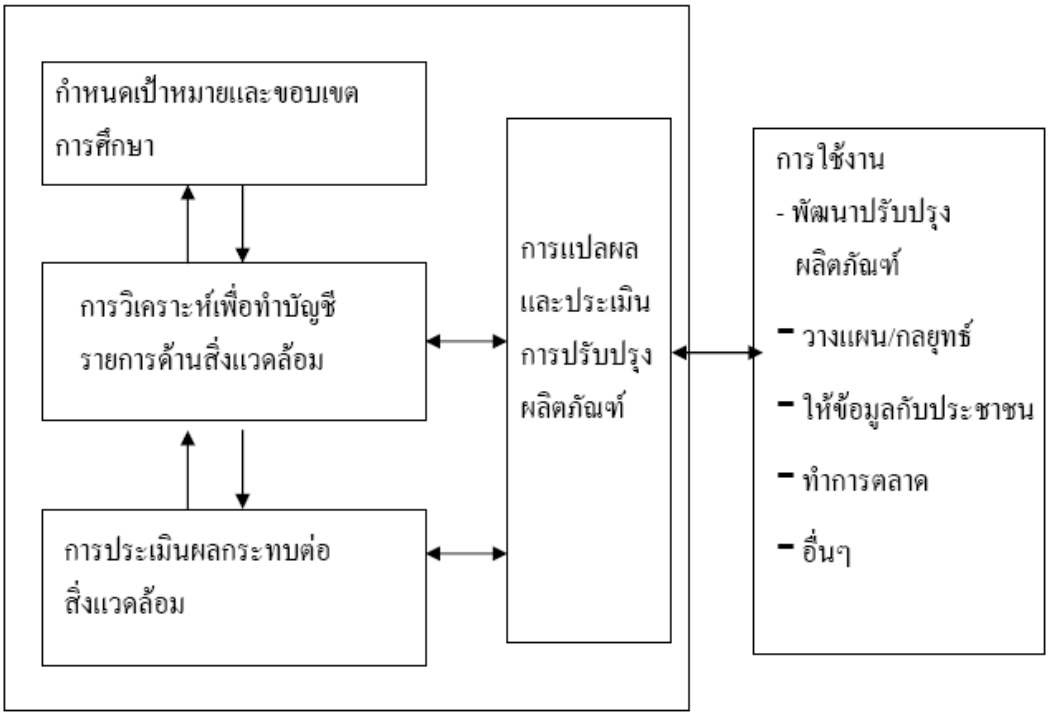
ประกอบด้วย การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ (Product function) หน่วยการทำงาน (Functional unit) ขอบเขตระบบ (System boundary) และระบบผลิตภัณฑ์ (Product system) ขั้นตอนนี้มีอิทธิพลโดยตรงต่อทิศทางและความละเอียดในการศึกษา จึงนับว่าเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมาก เพราะถ้าการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตไม่ครอบคลุมดีพอ จะทำให้การประเมินสารที่เข้าและสารที่ออกจากระบบ หรือประโยชน์ที่จะได้รับจากการปรับปรุงระบบนั้นทำได้ยากและไม่ตรงประเด็น

2. **การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม** (Life Cycle Inventory)
เป็นการเก็บรวบรวมและคำนวณข้อมูลที่ได้จากกระบวนการต่างๆ ตามที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา ขั้นตอนนี้รวมถึงการสร้างผังของระบบผลิตภัณฑ์ การคำนวณหาปริมาณของสารขาเข้าและสารขาออกจากระบบผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาถึงทรัพยากรและพลังงานที่ใช้หรือการปล่อยของเสียออกสู่อากาศ น้ำ และดิน

3. **การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์** (Life Cycle Impact Assessment)
เป็นการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของระบบผลิตภัณฑ์ จากข้อมูลการใช้ทรัพยากรและการปล่อยของเสีย หรือสารขาเข้าและขาออกที่ได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม โดยการประเมินผลกระทบเกี่ยวข้องกับประเด็นหลักๆคือ การนิยามประเภท (Category definition) การจำแนกประเภท (Classification) การกำหนดบทบาท (Characterization) และการให้น้ำหนักแก่แต่ละประเภท (Weighting)

4. **การแปลผล** (Interpretation)
เป็นการนำผลการศึกษามาวิเคราะห์เพื่อสรุปผล พิจารณาข้อจำกัด การให้ข้อเสนอแนะที่มาจากผลการทำการประเมินวัฏจักรชีวิต หรือการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม และทำรายงานสรุปการแปลผลการศึกษาให้มีความสอดคล้องกับเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา

ภาพที่ 3.2-1 ภาพแสดงขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิต



การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต เกี่ยวกับข้อมูลและตัวเลขจำนวนมาก จึงจำเป็นต้องใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเข้าช่วยในการทำงาน ซึ่งจะทำให้สามารถจัดการกับข้อมูลของกระบวนการผลิตที่มีจำนวนขั้นตอนมากๆได้อย่างรวดเร็ว มีประสิทธิภาพ และเสียค่าใช้จ่ายที่ต่ำ รวมทั้งสามารถเชื่อมโยงข้อมูลกับฐานข้อมูลด้านการประเมินวัฏจักรชีวิตที่ทำไว้ทั่วโลกได้ ปัจจุบันหลายประเทศในกลุ่มสหภาพยุโรปและญี่ปุ่นได้ผลิตโปรแกรมสำเร็จรูปขึ้นมาใช้ คงถึงเวลาที่ประเทศไทยจะต้องจัดให้มีฐานข้อมูลต่างๆ เพื่อใช้สำหรับการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ หรือของกระบวนการผลิต หรือของการบริการ ทั้งนี้เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมสำหรับมาตรการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามสถานการณ์ในปัจจุบันของประเทศไทยยังต้องมีความร่วมมือจากทั้งภาครัฐบาลและเอกชนที่จะทำให้มีฐานข้อมูลต่างๆ ซึ่งฐานข้อมูลเหล่านี้จะทำให้สามารถพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ฐานข้อมูลจริงภายในประเทศ รวมไปถึงการศึกษาวิจัยเพื่อหาสารทดแทนสารพิษที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ผลที่ได้ตามมาจากการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ หรือของกระบวนการผลิต หรือของการบริการต่างๆ คือการที่ประชาชนในประเทศจะมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

3.3 ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency)

นิเวศเศรษฐกิจเป็นหลักการที่นำมาใช้เมื่อปี พ.ศ. 2535 โดยคณะกรรมการนักธุรกิจเพื่อสิ่งแวดล้อมโลก WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WBCSD) ซึ่งเป็นกลุ่มบริษัทชั้นนำระหว่างประเทศกว่า 120 บริษัท ที่มีความมุ่งมั่นที่จะส่งเสริมเพื่อ ให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนควบคู่ไปกับการพัฒนาเศรษฐกิจ ปัจจุบันคำนี้ได้เป็นที่ยอมรับและนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายเพื่อเป็นเครื่องมือการจัดการให้ภาคธุรกิจมีศักยภาพในการแข่งขันควบคู่ไปกับความรับผิดชอบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

นิยามของคำว่า ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco - Efficiency) มีความหมายครอบคลุมดังนี้ องค์กรที่มีประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco - Efficiency) หมายถึง องค์กรที่มีศักยภาพในการผลิตและการบริการในราคาที่แข่งขันได้โดยสามารถสนองความต้องการของมนุษย์และนำมาซึ่งคุณภาพชีวิตในขณะเดียวกันก็สามารถลดผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยาและทรัพยากรธรรมชาติตลอดอายุของผลิตภัณฑ์หรือบริการนั้นในระดับที่อย่างน้อยสอดคล้องกับความสามารถรับรองได้ของโลกใบนี้ (Carrying Capacity)

คำว่า Eco มาจาก Ecology กับ Economy คือ นิเวศและ เศรษฐกิจ ดังนั้นคำว่า Eco – Efficiency จึงเป็นความพยายามที่จะทำให้เกิดประสิทธิภาพทั้งทางนิเวศและเศรษฐกิจควบคู่กันไป

ประสิทธิภาพเชิงนิเวศกับความยั่งยืน

ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเป็นหลักการสำคัญที่จะช่วยให้บริษัท และรัฐบาล หรือแม้กระทั่งองค์กรต่าง มีแนวทางและทิศทางการพัฒนาที่ยั่งยืนมากขึ้นเพราะได้คำนึงถึงองค์ประกอบหลักๆ ที่สำคัญ คือ การสร้างสมดุลระหว่างความก้าวหน้าทางเศรษฐกิจและการอนุรักษ์ปกป้องรักษาระบบนิเวศไปพร้อมๆ กัน ซึ่งมีความจำเป็นอย่างมากโดยยึดหลักการสร้างความมั่งคั่งทางเศรษฐกิจด้วยวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ทรัพยากรและลดการปล่อยมลพิษซึ่งก่อให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม

หลักการนี้จะทำให้บริษัทเพิ่มผลผลิตด้วยการลดการใช้ทรัพยากรและลดการปล่อยมลพิษ มีผลให้บริษัทมีความจำเป็นที่จะต้องประยุกต์ใช้นวัตกรรมใหม่ๆ เช่น เทคโนโลยีใหม่ๆ ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยมีแรงจูงใจที่จะพัฒนาประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

ดังนั้นนิเวศเศรษฐกิจนอกจากเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในทางธุรกิจแล้ว ยังเป็นทิศทางที่ทำให้นโยบายของรัฐที่มุ่งไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืนมีความเป็นไปได้จริง ซึ่งเป็น

เป้าหมายในระยะยาวโดยรวมของประเทศ ทั้งด้านเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม สังคมและเป็นรูปแบบที่ตรวจวัดได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น

WBCSD ได้กำหนดแนวทางที่เป็นปัจจัยแห่งความสำเร็จของการดำเนินงานด้านนิเวศเศรษฐกิจไว้ 7 ประการคือ

1. ลดการใช้ทรัพยากร หรือวัตถุดิบ (วัสดุ) ในการผลิตและการบริการ

2. ลดการใช้พลังงานในการผลิตและการบริการ

3. ลดการปลดปล่อยสารพิษ

4. เสริมสร้างศักยภาพการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่

5. ส่งเสริมการใช้ทรัพยากรที่หมุนเวียนได้

6. เพิ่มอายุของผลิตภัณฑ์

7. เพิ่มระดับการให้บริการแก่ผลิตภัณฑ์และเสริมสร้างธุรกิจบริการ

การวัดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจได้ผสมผสานหลักการของเศรษฐกิจและนิเวศวิทยาที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์หรือบริการเข้าด้วยกัน ซึ่งแสดงด้วยสมการด้านล่าง

$$Eco-efficiency = \frac{Investment \quad Cost \quad (Baht)}{CO_2 \quad \text{Re}duction \quad (kg/Yr)}$$ สมการที่ 3.3

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Influence)

เนื่องจากการคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจมีหลายวิธีเพราะทั้งผลิตภัณฑ์หรือการบริการ และผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมประกอบไว้ด้วยตัวชี้วัด (Indicator) มากมายที่ไม่สามารถนำมารวมกันเป็นตัวเลขเดียวได้ บริษัทจึงต้องเลือกอัตราส่วนของประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจที่เหมาะสมกับกระบวนการสำหรับการสื่อสารและตัดสินใจไปสู่การปฏิบัติของผู้บริหารและคนในองค์กรรวมทั้งบุคคลภายนอกทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจทั้งทางตรงและทางอ้อมมูลค่าและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสามารถวัดได้จากหลายวิธี เช่น กระบวนการผลิตสถานที่ตั้งโรงงานหรือบริษัทโดยรวม การตลาดสินค้าแต่ละประเภทหรือสภาพสถานการณ์เศรษฐกิจโดยรวม

เช่นเดียวกันอัตราส่วนของประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจสามารถคำนวณได้จากหลายทาง ตัวชี้วัดตัวเดียวกันอาจไม่เหมาะในแต่ละสถานการณ์และธุรกิจเช่น ตัวชี้วัดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจสำหรับโรงงานผลิตผงซักฟอกอาจเป็นกิโลกรัมที่ผลิตต่อปริมาณพลังงานที่ใช้ในการผลิตเป็นกิโลจูล ในทางกลับกันผู้จัดการผลิตภัณฑ์สามารถคำนวณตัวชี้วัดบนพื้นฐานของมูลค่าทางเศรษฐกิจ เช่น ราคาขายของผงซักฟอกต่อปริมาณพลังงานที่ใช้ในการผลิตเป็นกิโลจูล หรือพิจารณาบนพื้นฐานของการใช้งาน เช่น จำนวนรอบโดยเฉลี่ยของการซักรีดต่อปริมาณพลังงานที่ใช้ในการผลิตเป็นกิโลจูล เป็นต้น

ตัวชี้วัดจะทำให้ผู้บริโภคเข้าใจถึงการดำเนินงานทางด้านสิ่งแวดล้อม ในธุรกิจหลายๆ แห่งได้ใช้ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในการแสดงของคุณลักษณะในการใช้งาน ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์เทียบกับผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม เช่น ประสิทธิภาพการใช้น้ำมันของรถยนต์แสดงโดยระยะทางเป็นกิโลเมตรต่อปริมาณน้ำมันที่ใช้ หรือ กิโลเมตรต่อลิตร

ตัวชี้วัดที่มีการนำมาใช้เชิงนิเวศเศรษฐกิจ มี 2 แบบ คือ

- ตัวชี้วัดแบบทั่วๆ ไปซึ่งสามารถใช้ได้ในธุรกิจทั่วไป (Generally Applicable Indicator)
- ตัวชี้วัดที่ใช้เฉพาะธุรกิจแต่ละประเภท (Business Specific Indicator)

ตัวชี้วัดที่มีการนำไปประยุกต์ใช้แบบทั่ว ๆไป (General Applicable Indicators)

เป็นตัวชี้วัดที่สามารถนำมาใช้ในทุกธุรกิจได้อย่างแท้จริงและเป็นที่ยอมรับกันสากล โดยแต่ละตัวชี้วัดมีความเกี่ยวข้องกับปัญหาสิ่งแวดล้อมในระดับโลกตัวชี้วัดที่มีการนำใช้แบบทั่วๆ ไปสำหรับมูลค่าผลิตภัณฑ์หรือการบริการ คือ

-ปริมาณของสินค้าและการบริการที่ผลิตและจัดหาให้แก่ลูกค้า

-ยอดขายรวม

ปริมาณของผลิตภัณฑ์/บริการ ที่ผลิตหรือ ขายได้ ที่สามารถวัดได้ นับจำนวนได้ในทางกายภาพ การส่งมอบหรือให้บริการแก่ลูกค้า ซึ่งจะมีประโยชน์สูงสุดถ้ามีการวัดในลักษณะจำเพาะ เช่น ในแต่ละโรงงานหรือหน่วยบริการ การวัดจะทำได้ในรูปน้ำหนัก ปริมาณ หรือจำนวนนับ ซึ่งข้อมูลส่วนใหญ่สามารถใช้ข้อมูลภายในบริษัทที่มีอยู่แล้ว ข้อควรระวังคือไม่ควรรวมตัวเลขหรือการ

นับจำนวนรวมของผลิตภัณฑ์ต่างชนิดกันเข้าด้วยกัน ข้อมูลระดับองค์กรจะเป็นประโยชน์ในการติดตามการดำเนินการขององค์กรในภาพรวมแต่ข้อมูลเฉพาะประเภทสินค้าจะมีประโยชน์ในการพัฒนาแผนการการปรับปรุง การดำเนินงานของบริษัท

ตัวชี้วัดที่มีการนำมาใช้เฉพาะธุรกิจ (Business Specific Indicators)

เป็นตัวชี้วัดเฉพาะธุรกิจ โดยที่การพิจารณาความสำคัญของตัวชี้วัดดูได้จากธรรมชาติของแต่ละธุรกิจ ซึ่งตัวชี้วัดกลุ่มนี้ไม่จำเป็นจะต้องมีความสำคัญน้อยกว่าตัวชี้วัดกลุ่มแรก โดยที่ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจะพิจารณาตั้งแต่การผลิตสินค้าจนถึงบริโภคสินค้านั้น

3.4 **เทคโนโลยีสะอาด** (Clean Technology)

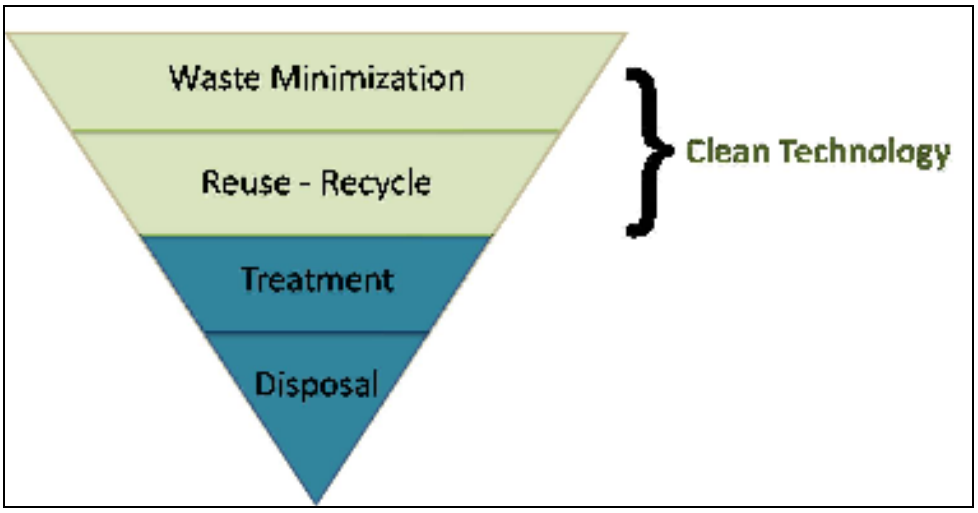
เทคโนโลยีสะอาดเป็นการพัฒนา ปรับปรุงเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องของกระบวนการผลิต หรือ ผลิตภัณฑ์ ไปจนถึงการใช้วัตถุดิบ พลังงานและทรัพยากรธรรมชาติ อย่างมีประสิทธิภาพ โดยให้เกิดของเสียน้อยที่สุด หรือไม่เกิดเลย ซึ่งเหล่านี้เป็นการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด และรวมไปถึงการใช้วัตถุดิบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้นมาทดแทน การรีไซเคิลและการนำกลับมาใช้ใหม่ โดยทั้งหมดนี้จะสามารถช่วยในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ไปพร้อมๆกับการลดต้นทุนการผลิตอีกด้วย

ในความหมายของเทคโนโลยีสะอาดนี้จะเน้นในเรื่องของการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่แหล่งกำเนิด โดยจะคำนึงในส่วนของที่เป็นสารขาเข้ามากกว่าสารขาออกเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มากขึ้น โดยที่ก่อให้เกิดของเสียและมลพิษน้อยที่สุด โดยหลักการของเทคโนโลยีสะอาดคือการใช้ทรัพยากรให้เหมาะสมในการผลิต เช่น วัตถุดิบ พลังงาน ทรัพยากรธรรมชาติ และแรงงาน

เทคโนโลยีสะอาดได้รวมเอาหลาย ๆแนวคิดเข้าไว้ด้วยกันคือ

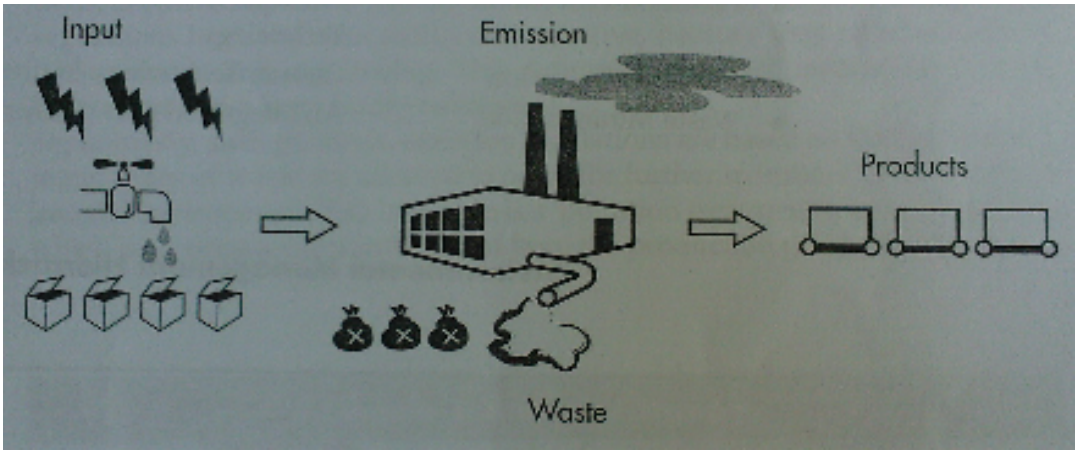
- Pollution Prevention: แนวคิดนี้ได้ถูกนำมาใช้ในการทำเทคโนโลยีสะอาดในประเทศสหรัฐอเมริกา
- Cleaner Production: แนวคิดนี้ได้ถูกนำเอามาใช้ควบคู่กับเทคโนโลยีสะอาดในขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการผลิต
- Waste Minimization: แนวคิดนี้ได้ถูกนำเข้ามาใช้ในเทคโนโลยีสะอาดเช่นเดียวกัน

ภาพที่ 3.4-1 ลำดับความสำคัญในการกำจัดของเสีย

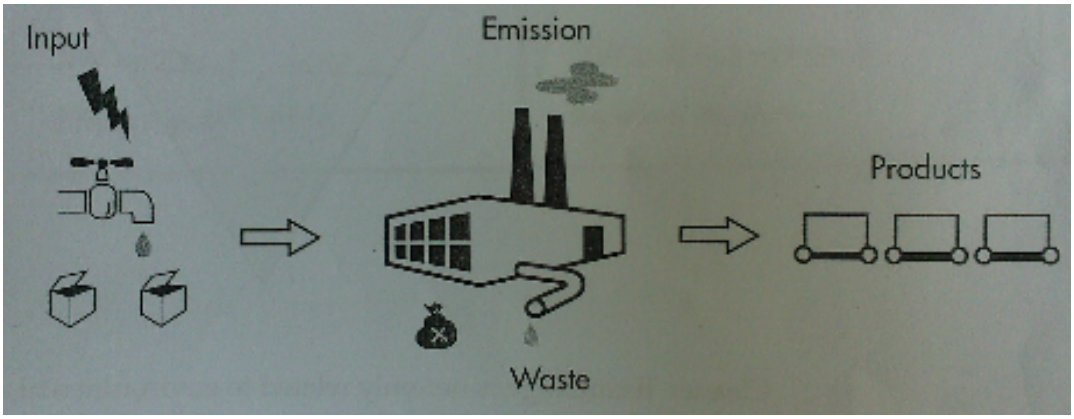


ภาพที่ 3.4-2 ภาพแสดงก่อนและหลังการดำเนินโครงการเทคโนโลยีสะอาด

ก่อนดำเนินโครงการเทคโนโลยีสะอาด



หลังดำเนินโครงการเทคโนโลยีสะอาด



หลักการของเทคโนโลยีสะอาด

ประหยัดต้นทุนการผลิต

เทคโนโลยีสะอาดนั้นเป็นการลดมลพิษและของเสียที่แหล่งกำเนิด โดยการใช้ทรัพยากรให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุด เทคโนโลยีสะอาดนั้นยังรวมไปถึงการทำ 5ส ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้เงินลงทุนน้อย การลดต้นทุนนั้นยังสามารถทำได้ด้วยการนำเทคโนโลยีใหม่ๆที่มีระยะเวลาคืนทุนสั้นเข้ามาใช้ได้อีกด้วย

การพัฒนาและการแข่งขันในด้านเทคโนโลยี

เทคโนโลยีสะอาดทำให้ผู้ประกอบการสามารถผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด สามารถวางแผนในการลงทุนได้ตรงตามจุดที่มีความจำเป็น และยังเพิ่มความสามารถในการแข่งขันในตลาดให้มากยิ่งขึ้นอีกด้วย

ความต้องการของตลาด

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมและคุณภาพของสินค้าเริ่มเข้ามามีบทบาทที่สำคัญมากขึ้นในประเทศไทยและต่างประเทศ ดังนั้นเทคโนโลยีสะอาดนั้นสามารถตอบสนองความต้องการของตลาดในจุดนี้ได้เป็นอย่างดี

การปฏิบัติตามกฎหมาย

กรมโรงงานอุตสาหกรรมได้เล็งเห็นถึงความกระตือรือร้นของภาคอุตสาหกรรมที่ได้พิจารณาให้เทคโนโลยีสะอาดเป็นส่วนที่มีความสำคัญ โดยการนำเอาเทคโนโลยีสะอาด และระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมเข้ามาใช้นั้นยังเป็นการช่วยให้ภาคอุตสาหกรรมนั้นปฏิบัติได้ตามกฎหมาย และสามารถปรับปรุงสมรรถนะทางด้านสิ่งแวดล้อม

ข้อมูล

ข้อมูลเทคโนโลยีสะอาดทั้งหมดสามารถหาและเข้าถึงได้ง่าย ไม่ว่าจะเป็นกฎระเบียบข้อบังคับนานาชาติ หรือแม้กระทั่งในเรื่องของการแก้ปัญหาทางด้านเทคนิคต่างๆสำหรับอุตสาหกรรมเฉพาะ

เทคโนโลยีสะอาดและนโยบายสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน

เทคโนโลยีสะอาดนั้นมีความสอดคล้องกับนโยบายสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันที่มุ่งเน้นในเรื่องของการส่งเสริมในการพัฒนาภาคอุตสาหกรรม ซึ่งประกอบไปด้วย

- แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ.2540 – พ.ศ.2544)
- แผนปรับโครงสร้างภาคอุตสาหกรรม 5 ปี (พ.ศ.2541 – พ.ศ.2545)
- โครงร่างแผนแม่แบบภาคธุรกิจขนาดเล็กและใหญ่ โดยกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

- แผนอนุรักษ์พลังงาน ประกาศในพระราชบัญญัติส่งเสริมและอนุรักษ์พลังงาน ฉบับ พ.ศ. 2535

นอกจากนี้แล้วเทคโนโลยีสะอาดยังสอดคล้องกับแผนป้องกันมลพิษแห่งชาติ โดยกระทรวงวิทยาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม ซึ่งแผนนี้จะครอบคลุมถึงกิจกรรมดังต่อไปนี้

- องค์กรส่วนกลาง, ส่วนท้องถิ่น และภาคเอกชน
- อุตสาหกรรม การเงินและการลงทุน การตลาด
- การศึกษา งานวิจัยและพัฒนา เครือข่ายข้อมูล
- การเกษตร และอุตสาหกรรมเกษตร
- การท่องเที่ยว

เทคโนโลยีสะอาดนั้นจะเน้นในเรื่องของสารขาเข้าและกระบวนการผลิตมากกว่าการมุ่งเน้นในส่วนของมลพิษหรือของเสียที่ปลดปล่อยออกมา โดยก่อนหน้านี้ข้อกำหนดต่างๆในภาคอุตสาหกรรมที่ออกโดยรัฐบาลจะมุ่งเน้นในเรื่องของการตรวจวัดมลภาวะที่ปลดปล่อยจากการผลิตสู่แหล่งน้ำ อากาศ และดิน เป็นต้น โดยภาคอุตสาหกรรมจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบในการกำจัดและบำบัดมลภาวะเหล่านี้ โดยเหล่านี้เป็นการแก้ปัญหาที่ปลายเหตุ เพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐานที่ถูกตั้งขึ้นโดยรัฐบาล ข้อกำหนดต่างๆนั้นก็ยังไม่ได้ประสิทธิผลที่เพียงพอ เนื่องจากข้อกำหนดต่างๆนั้นจะขึ้นอยู่กับการติดตามและตรวจวัด ซึ่งเหล่านี้ต้องการเครื่องมืออุปกรณ์ตรวจวัด และเงินงบประมาณก้อนใหญ่