บทที่ 2
หลักการป้องกันมลพิษหรือหลักการเทคโนโลยีสะอาด

ในบทที่ 2 นี้ เป็นการนำเสนอแนวคิดหลักการป้องกันมลพิษหรือหลักการเทคโนโลยีสะอาด โดยแบ่งออกเป็นหัวข้อต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.1 คำจำกัดความ

2.2 แนวคิดของหลักการป้องกันมลพิษหรือหลักการเทคโนโลยีสะอาด

2.3 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในอุตสาหกรรมอาหารแปรรูปผัก ผลไม้กระป๋อง

2.4 สรุป

2.1 คำจำกัดความของเทคโนโลยีสะอาด

คำจำกัดความของเทคโนโลยีสะอาดที่ประเทศต่าง ๆ ได้พยายามบัญญัติศัพท์ขึ้นมาใหม่ ทั้งการป้องกันมลพิษ (Pollution Prevention – P2) การผลิตที่สะอาด (Cleaner Production – CP) และการลดของเสียให้น้อยที่สุด (Waste Minimization – WM) ซึ่งความหมายของชื่อต่าง ๆ เหล่านี้มีความหมายที่ใกล้เคียงกันหรือเหมือนกัน ซึ่งจะเรียกชื่อตามแต่ความนิยมของผู้ใช้ในประเทศต่าง ๆ ผู้ศึกษาได้รวบรวมคำจำกัดความของศัพท์บัญญัติต่าง ๆ ที่นักวิชาการได้ให้คำนิยามไว้ดังนี้

1. เทคโนโลยีสะอาด (Cleaner Technology – CT) หรือการผลิตที่สะอาดขึ้น (Cleaner Production – CP)

สถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (2541) ให้ความหมายของเทคโนโลยีสะอาด (CT) ดังนี้คือ การพัฒนาเปลี่ยนแปลงปรับปรุงอย่างต่อเนื่องของกระบวนการผลิต การบริการและการบริโภค โดยก่อให้เกิดผลกระทบหรือความเสี่ยงอันจะเกิดขึ้นต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ในขณะนั้น และต้องมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งทำได้โดยการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด และการใช้ซ้ำและ/หรือการเปลี่ยนแปลงเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ โดยได้รับความร่วมมือจากทุกคนในองค์กร บ้าน และชุมชน

ศูนย์ข้อมูลเทคโนโลยีสะอาด ฝ่ายธุรกิจและสิ่งแวดล้อม สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย ได้ให้ความหมายของเทคโนโลยีสะอาด (CT) ไว้ว่า เทคโนโลยีสะอาด (CT) คือกลยุทธ์ในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ บริการและกระบวนการอย่างต่อเนื่องเพื่อจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพให้เปลี่ยนของเสียน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิดจึงเป็นทั้งการรักษาสิ่งแวดล้อม และการลดค่าใช้จ่ายในการผลิตไปพร้อม ๆ กันด้วย

United States Environmental Protection Agency : EPA Pollution Prevention Directive, May 13, 1990 (อ้างใน เผด็จ สิทธิสุนทร พิมล เรียนวัฒนา และสมใจ เพ็งปรีชา, 2541) กล่าวว่า เป็นการใช้วัสดุ กรรมวิธี หรือการปฏิบัติที่ลดหรือกำจัดการให้เกิดมลพิษหรือของเสียที่ต้นทาง ซึ่งรวมทั้งการปฏิบัติที่ลดการใช้วัสดุอันตราย พลังงาน น้ำ หรือทรัพยากรอื่น

ส่วน Commission of European Communities (อ้างใน เผด็จ สิทธิสุนทร พิมล เรียนวัฒนา และสมใจ เพ็งปรีชา, 2541) ได้ให้คำจำกัดความว่า คือกรรมวิธีที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เพื่อลดหรือทำให้ของเสียหรือมลพิษหมดไปโดยดำเนินการที่ต้นทาง ซึ่งเป็นการประหยัดวัตถุดิบ ทรัพยากรธรรมชาติและพลังงาน

นอกจากนี้แล้วยังมีผู้ให้คำจำกัดความอื่น ๆ อีก เช่น สุเทพ ธีรศาสตร์ (2540) กล่าวว่า เทคโนโลยีสะอาด (Cleaner Technology) หมายถึง วิธีผสมผสานการป้องกันปัญหาสิ่งแวดล้อมในกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ และบริการอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อลดความเสี่ยงที่จะมีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

วิฑูรย์ วงศ์ชัยธง (2541) เทคโนโลยีที่สะอาดขึ้น หมายถึง เทคโนโลยีการผลิตที่เอื้ออาทรต่อสิ่งแวดล้อมโดยมีจุดประสงค์ให้มีการผลิต ให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น และก่อให้เกิดมลพิษน้อยที่สุด ซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับอุตสาหกรรมในปัจจุบันและอนาคต

คำว่า เทคโนโลยีสะอาด เผด็จ สิทธิสุนทร พิมล เรียนวัฒนา และสมใจ เพ็งปรีชา (2541) สรุปความหมายว่า คือกรรมวิธีที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เพื่อลดของเสียและมลพิษหรือทำให้หมดไปโดยดำเนินการที่ต้นทาง ซึ่งนอกจากจะช่วยลดมลพิษแล้ว ยังช่วยในการประหยัดวัตถุดิบ ทรัพยากรธรรมชาติและพลังงานด้วย

ในขณะเดียวกัน ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์ พัฒนา มูลพฤกษ์ และ ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ (2541) กล่าวว่า เทคโนโลยีสะอาดและการป้องกันมลพิษ หมายถึง การลดของเสียที่แหล่งกำเนิด การใช้ซ้ำและรีไซเคิล ซึ่งเป็นปฏิบัติการเพื่อลดหรือกำจัดการเกิดของเสีย โดยการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้วัตถุดิบ พลังงาน น้ำ หรือทรัพยากรอื่น ๆ หรือการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ (Conservation of Natural Resource)

United Nations Environment Programme (UNEP) ได้ให้คำจำกัดความของคำว่าการผลิตที่สะอาดขึ้น (Cleaner Production – CP) ดังนี้ การผลิตที่สะอาดขึ้น คือการนำกลยุทธ์การป้องกันสิ่งแวดล้อมทั้งหลายรวมกันมาใช้ในกระบวนการผลิตในผลิตภัณฑ์ และในการบริการอย่างต่อเนื่อง เพื่อเป็นการปรับปรุงคุณภาพสิ่งแวดล้อมและลดความเสี่ยงอันเกิดกับคนและสิ่งแวดล้อม (อ้างใน พิศมัย เจนวนิชปัญจกุล, 2541)

ส่วนคำที่มีความหมายในภาษาไทยที่ใกล้เคียงกันนอกจากคำว่าเทคโนโลยีสะอาดและการผลิตที่สะอาดขึ้นแล้ว ยังมีคำว่าเทคโนโลยีปลอดมลพิษ (Clean Technology) หรือเทคโนโลยีสีเขียว (Green Technology) ซึ่งปราณี พันธุมสินชัย (2539) ได้ให้ความหมายคือ การใช้กรรมวิธีเทคโนโลยีหรือกระบวนการผลิตที่อนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ไม่ทำให้เกิดภาวะมลพิษขึ้น มีการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ ไม่ทำลายสภาพแวดล้อม และไม่ก่อให้เกิดมลพิษหรือมีมลพิษน้อยที่สุดที่สามารถควบคุมและกำจัดได้

2. **การป้องกันมลพิษ** (Pollution Prevention – P2)

นิยมใช้กันในประเทศสหรัฐอเมริกา ความหมายของการป้องกันมลพิษจะคล้ายกับความหมายของเทคโนโลยีสะอาด หรือการผลิตที่สะอาดขึ้น แต่จะเน้นกรรมวิธีการผลิตที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อลดหรือระงับการทำให้เกิดของเสีย เริ่มจากตั้งต้นการผลิตต่อเนื่องไปจนถึงตลอดอายุของผลิตภัณฑ์ (อ้างใน เผด็จ สิทธิสุนทร พิมล เรียนวัฒนา และ สมใจ เพ็งปรีชา, 2541)

3. **การลดของเสียให้น้อยที่สุด** (Waste Minimization – WM)

United States Hazardous Waste Legistration (อ้างใน เผด็จ สิทธิสุนทร พิมล เรียนวัฒนา และ สมใจ เพ็งปรีชา, 2541) กล่าวว่า การลดของเสียให้น้อยที่สุดมีความหมายคล้ายกับเทคโนโลยีสะอาดหรือการผลิตที่สะอาดขึ้นเช่นเดียวกัน ใช้กับการพัฒนากรรมวิธีการผลิตที่มีประสิทธิภาพดีขึ้น ซึ่งรวมทั้งการนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ เพื่อลดปริมาณของเสียที่ต้องกำจัดออก และถือว่าสามารถเปลี่ยนแปลงระบบการผลิต เพื่อลดการทำให้เกิดของเสียและใช้การนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ให้มากขึ้น

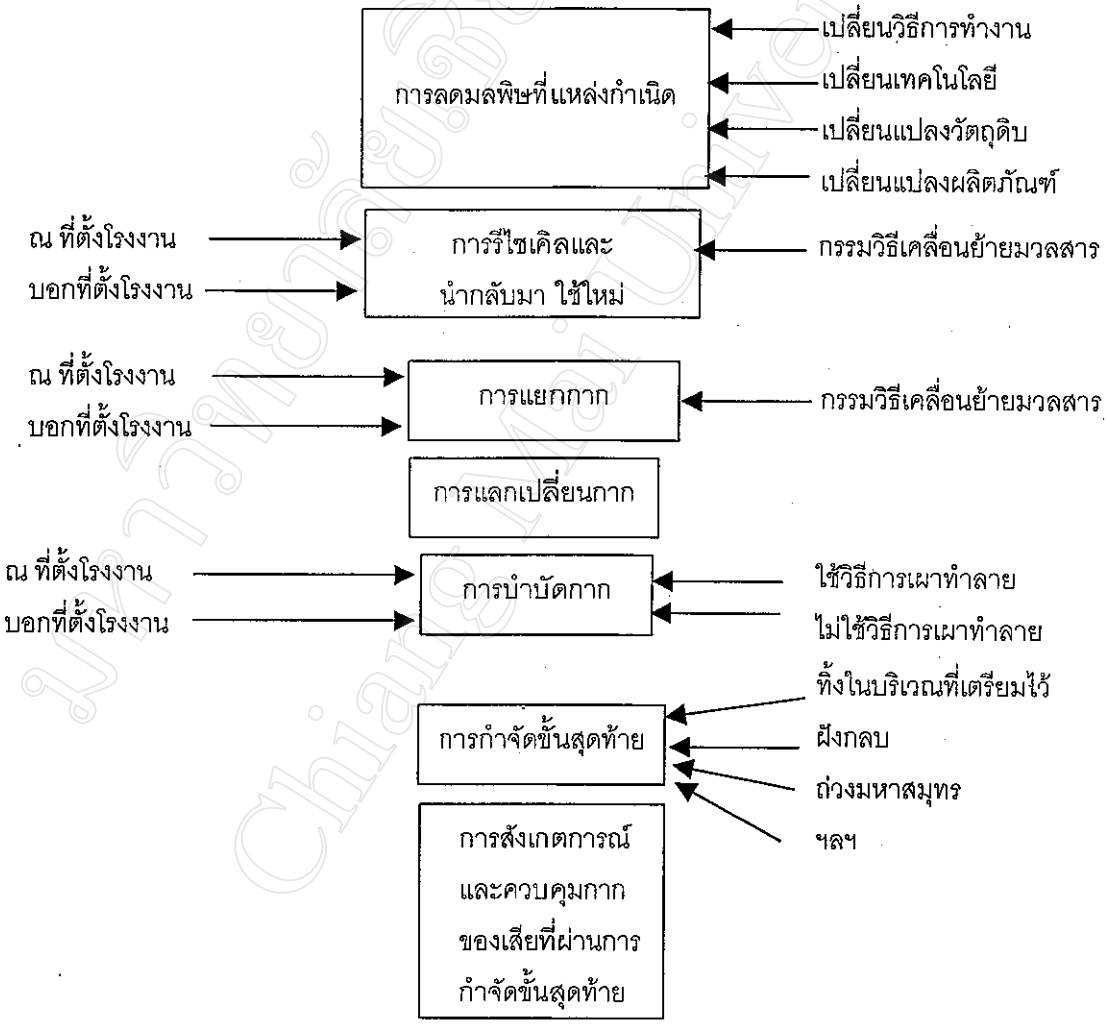
จากคำจำกัดความข้างต้นที่ผ่านมา พบว่าทั้งเทคโนโลยีสะอาดหรือการผลิตที่สะอาดขึ้น การป้องกันมลพิษ และการลดของเสียให้น้อยที่สุด ต่างมุ่งเน้นที่จะพัฒนากระบวนการผลิต มีการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงการใช้วัสดุ กรรมวิธี หรือการปฏิบัติที่สามารถช่วยลดหรือกำจัดสารมลพิษหรือของเสีย ซึ่งเป็นการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด โดยการใช้ซ้ำและรีไซเคิล นอกจากจะช่วยประหยัดวัตถุดิบทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พลังงานต่าง ๆ แล้ว ยังช่วยลดความเสี่ยงที่จะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมนุษย์อีกด้วย

2.2 แนวคิดของหลักการป้องกันมลพิษหรือเทคโนโลยีสะอาด

แนวคิดของหลักการป้องกันมลพิษหรือ Pollution Prevention (P2)

จากประวัติความเป็นมาของแนวคิดหลักการป้องกันมลพิษและเทคโนโลยีสะอาด ที่มีการเริ่มต้นจากประเทศสหรัฐอเมริกา และได้ตราเป็นกฎหมาย Pollution Prevention Act 1990 ในปี พ.ศ.2533 ซึ่งพิศมัย ภูริสินสิทธิ์ เอี่ยมสกุลรัตน์ (2540) ได้ให้รายละเอียดไว้ดังต่อไปนี้

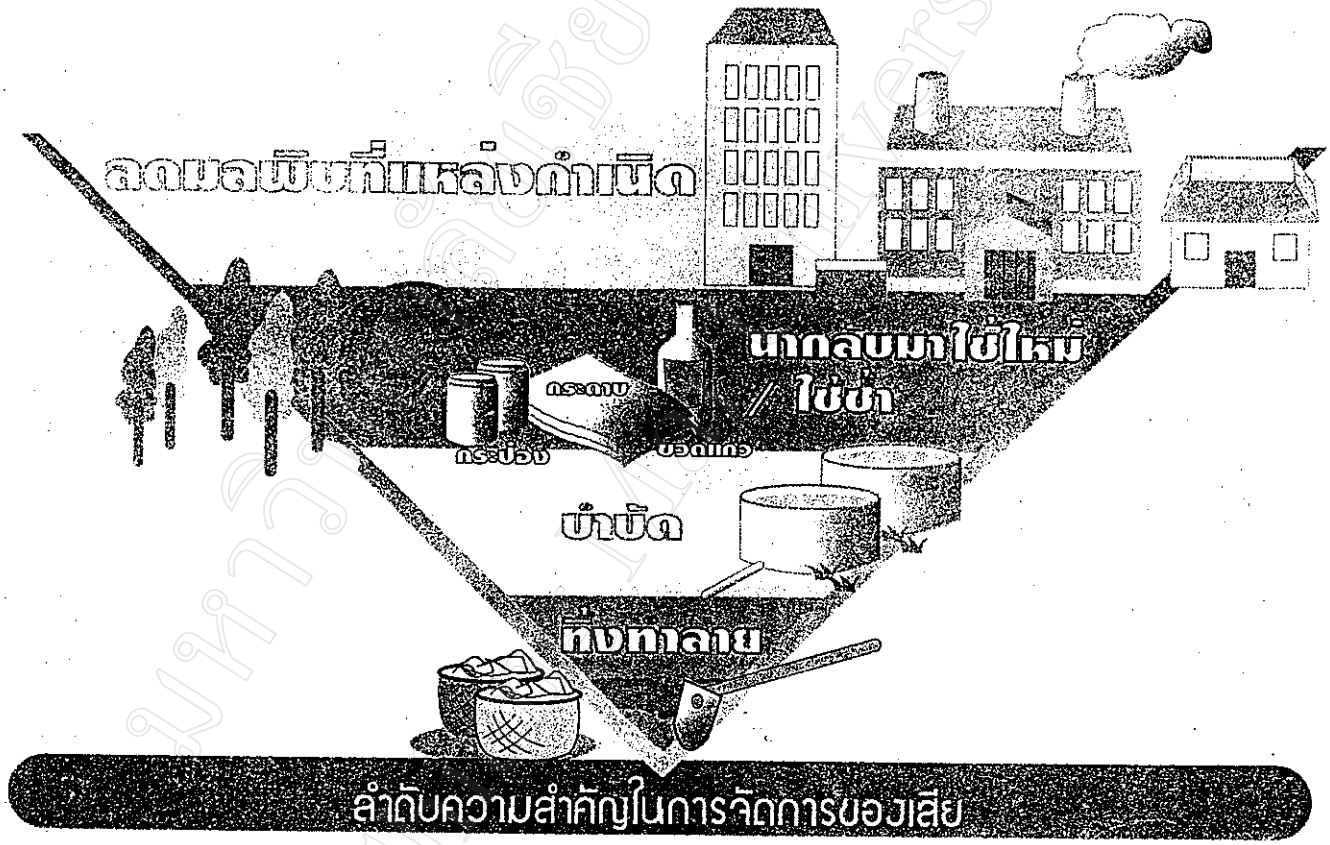
กฎหมาย Pollution Prevention Act 1990 ของสหรัฐอเมริกาได้แสดงแผนภูมิเครือข่ายหลักการป้องกันมลพิษ ดังแสดงในแผนภูมิที่ 1



แผนภูมิที่ 1 **หลักการป้องกันมลพิษ**

ที่มา : พิศมัย ภูริสินสิทธิ์ เอี่ยมสกุลรัตน์, 2538

ซึ่งต่อมาได้พัฒนากลายเป็นรูปสามเหลี่ยมกลับหัว ∇ ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 หลักการป้องกันมลพิษ

ที่มา : สถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, กลุ่ม IN US-AEP และ The Asia Foundation, 2541

หลักการป้องกันมลพิษในประเทศสหรัฐอเมริกาได้มุ่งเน้นให้ความสำคัญแก่การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด (Source Reduction) โดยยังไม่ยอมรับการนำกลับมาใช้ใหม่ว่าเป็นส่วนหนึ่งของการป้องกันมลพิษ เพราะว่าทรัพยากร เช่น เงิน เวลา คน มีอยู่อย่างจำกัด ถ้าจะรับการรีไซเคิล (Recycle) เข้ามาปฏิบัติด้วยจะทำให้ไม่มีการทุ่มเทไปยังการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด ซึ่งจะสามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างแท้จริง (พิศมัย ภูริสินสิทธิ์ เอี่ยมสกุลรัตน์, 2540)

สำหรับการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด (Source Reduction) มี 2 ประการคือ

1. การเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์ (Product Changes)
2. การเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลผลิต (Process Changes)

1. **การเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์** (Product Changes)

สามารถทำได้โดยการออกแบบผลิตภัณฑ์ ควรมีการออกแบบที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้น้อยลง รวมทั้งการออกแบบให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการใช้งานที่ยาวนานมากขึ้น เป็นต้น

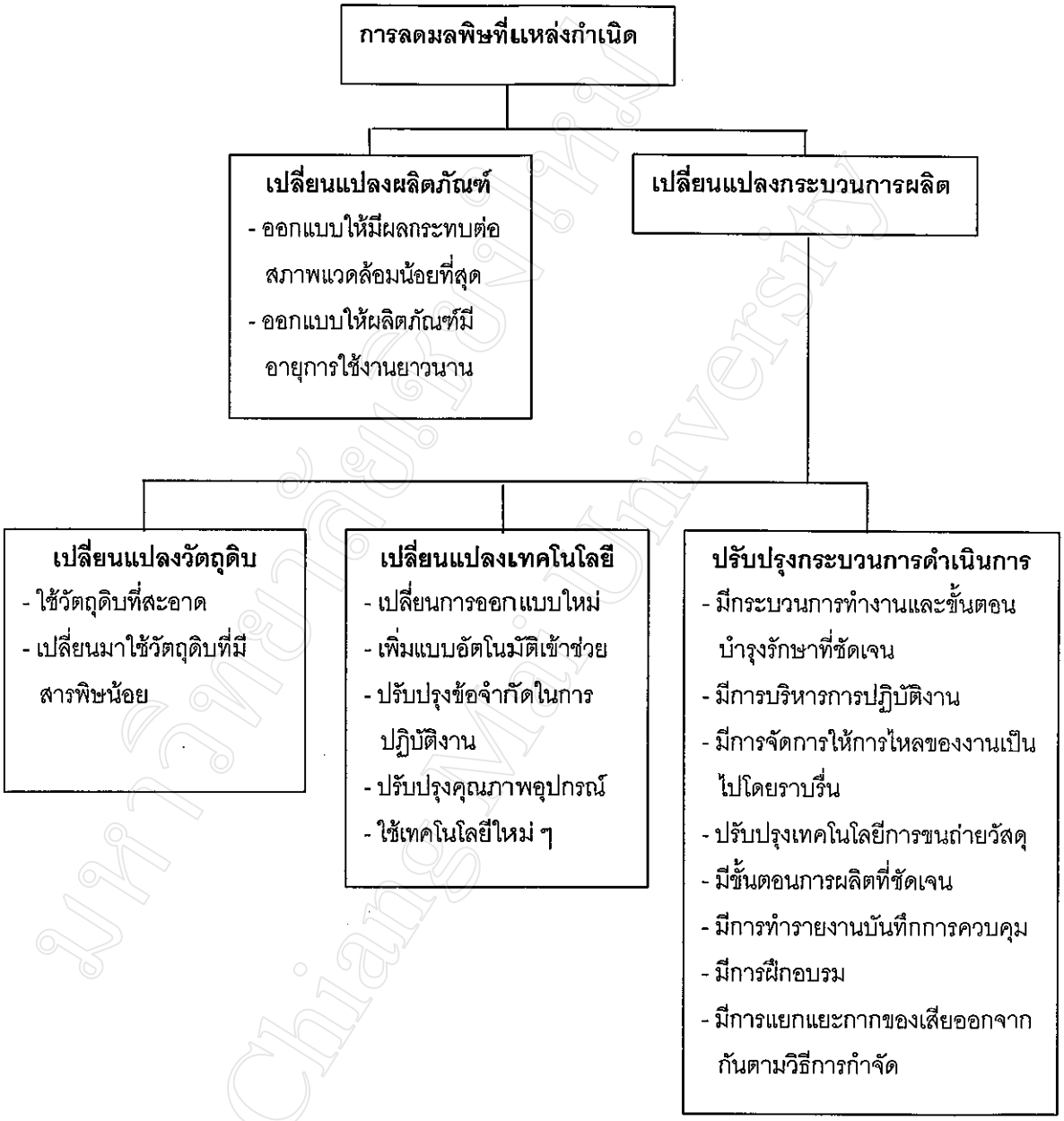
2. **การเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต** (Process Changes)

รายละเอียดแสดงในแผนภูมิที่ 2 แบ่งออกเป็น 3 กระบวนการคือ

2.1 การเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบ (Input Material Changes)

2.2 การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีการผลิต (Technology Changes)

2.3 การเปลี่ยนแปลงกระบวนการดำเนินการ (Improved Operating Practices)



แผนภูมิที่ 2 **การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด**

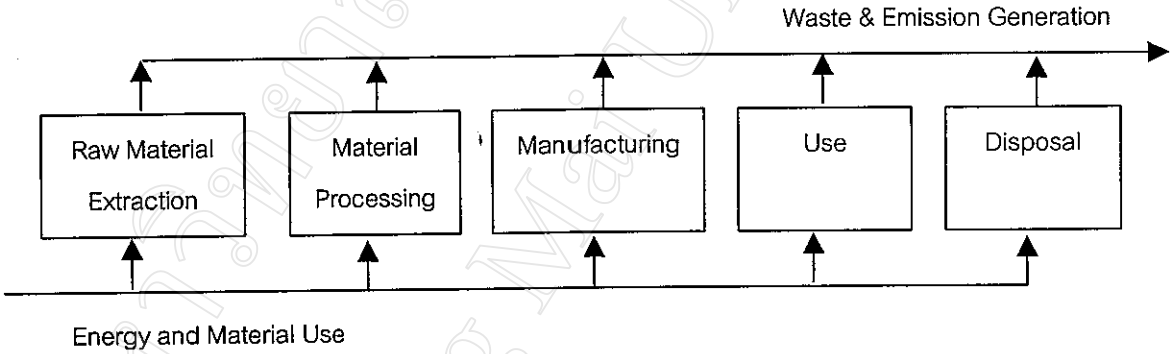
ที่มา : พิศมัย ภูริสินสิทธิ์ เอี่ยมสกุลรัตน์, 2538

การผลิตที่สะอาดขึ้นหรือ Cleaner Production (CP)

พิศมัย เจนวนิชปัญจกุล สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) (2541) ได้ทำการสรุปแนวคิดและกลวิธีสู่การผลิตที่สะอาดขึ้นไว้ดังนี้

แนวคิดของการผลิตที่สะอาดขึ้น

การผลิตที่สะอาดขึ้นในกระบวนการผลิต จะมีการหลีกเลี่ยงการใช้วัตถุดิบที่เป็นพิษลดปริมาณของเสียในรูปของของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซ รวมถึงลดพิษจากของเสียนั้น ๆ ก่อนปล่อยออกจากกระบวนการ อีกทั้งเป็นการอนุรักษ์ทรัพยากรทางด้านวัตถุดิบ น้ำ และพลังงาน ส่วนการผลิตที่สะอาดขึ้นในด้านผลิตภัณฑ์จะหมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดตลอดช่วงวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ นับตั้งแต่เป็นวัตถุดิบจนถึงการทิ้งหลังจากการใช้งาน ดังแผนภูมิที่ 3



แผนภูมิที่ 3 วงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์

ที่มา : พิศมัย เจนวนิชปัญจกุล, 2541

ดังนั้นการผลิตที่สะอาดขึ้นจึงมีขอบข่ายครอบคลุมถึงกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์และการบริการ โดยไม่รวมถึงการบำบัดของเสียที่ปลายท่อที่มีอยู่ของโรงงาน ยกเว้นการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบบำบัดให้เป็นการอนุรักษ์ทรัพยากรด้านวัตถุดิบและพลังงาน ระบบบำบัดจึงเป็นหน่วยการผลิตหนึ่งที่เป็นการผลิตที่สะอาดขึ้นได้

กลวิธี/แนวทางไปสู่การผลิตที่สะอาดขึ้น (CP Techniques)

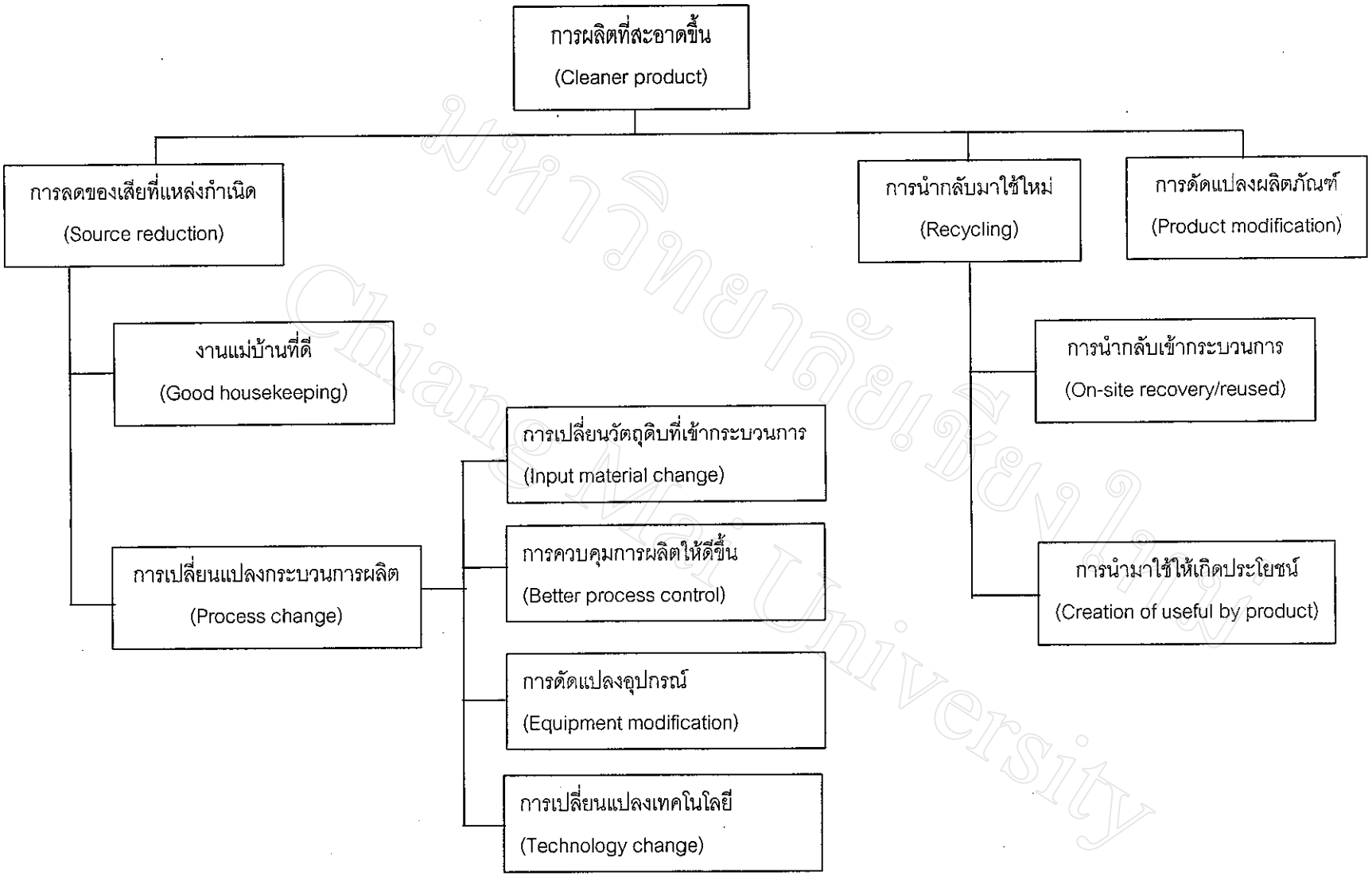
กลวิธีหรือแนวทางไปสู่การผลิตที่สะอาดขึ้น สามารถทำได้โดย

1. การลดของเสียที่แหล่งกำเนิด
2. การนำกลับมาใช้ใหม่

3. การดัดแปลงผลิตภัณฑ์

รายละเอียดสามารถดูได้จากแผนภูมิที่ 4

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



แผนภูมิที่ 4 กลวิธี/แนวทางไปสู่การผลิตที่สะอาดขึ้น

ที่มา : พิศมัย เจนวนิชปัญจกุล, 2541

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

1. **การลดของเสียที่แหล่งกำเนิด แบ่งออกเป็น 2 วิธีการคือ**

1.1 **งานแม่บ้านที่ดี** (Good Housekeeping)

ซึ่งจะเป็นการดูแลรักษาโรงงานและป้องกันมิให้เกิดการรั่ว หก กระจาย หรือไหลล้นของวัตถุดิบ น้ำ และไอน้ำในกระบวนการผลิต มีการจัดการบำรุงรักษา ซ่อมแซมและตรวจสอบอุปกรณ์เครื่องจักรต่าง ๆ ตามกำหนดเวลา เพื่อลดความสูญเสียเนื่องจากการหยุดเครื่องจักรระหว่างการผลิต และต้องจัดให้มีคู่มือการปฏิบัติงานประจำของแต่ละหน่วยงาน

1.2 **การเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต** (Process Change)

1.2.1 การเปลี่ยนวัตถุดิบที่เข้ากระบวนการ (Input Material Change)

ได้แก่ การใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพดีขึ้นหรือบริสุทธิ์ขึ้น เพื่อหลีกเลี่ยงการนำสารปนเปื้อนเข้าสู่กระบวนการ การลดหรือหลีกเลี่ยงการใช้สารที่ก่อให้เกิดอันตรายเป็นวัตถุดิบในกระบวนการ เช่น การลดปริมาณการใช้คลอรีนหรือเปลี่ยนไปใช้ H_2O_2 ในการฟอกเยื่อ เป็นต้น

1.2.2 การควบคุมการผลิตให้ดีขึ้น (Better Process Control)

ได้แก่ การควบคุมสภาวะการผลิต เช่น อุณหภูมิ ความดัน

1.2.3 การดัดแปลงอุปกรณ์ (Equipment Modification)

ได้แก่ การติดตั้งอุปกรณ์วัดอัตราการไหลของวัตถุดิบ สารเคมี และสารผสมเพิ่ม เพื่อให้ทราบถึงปริมาณการใช้ที่ถูกต้อง การดัดแปลงอุปกรณ์การล้างเป็นแบบ Counter Current หรือวิ่งสวนทางกัน การหุ้มฉนวนท่อไอน้ำเพื่อลดการสูญเสียพลังงานจากไอน้ำ เป็นต้น

1.2.4 การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี (Technology Change)

ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงผังการวางเครื่องจักรหรือระบบการวางท่อ เพื่อให้การไหลของวัสดุ/ไอน้ำ หรือการใช้ระบบอัตโนมัติในการควบคุมการผลิต เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ เป็นต้น

2. **การนำกลับมาใช้ใหม่** (Recycling)

2.1 **การนำกลับเข้ากระบวนการผลิตภายในโรงงาน** (On-Site Recovery / Reuse)

ได้แก่ การนำน้ำในกระบวนการผลิตน้ำหล่อเย็น ตัวทำละลายและอื่น ๆ กลับเข้าไปใช้ในกระบวนการ การนำพลังงานความร้อน เช่น ไอคอนเดนเสท ย้อนกลับมาใช้เท่าที่จะเป็นไปได้ เป็นต้น

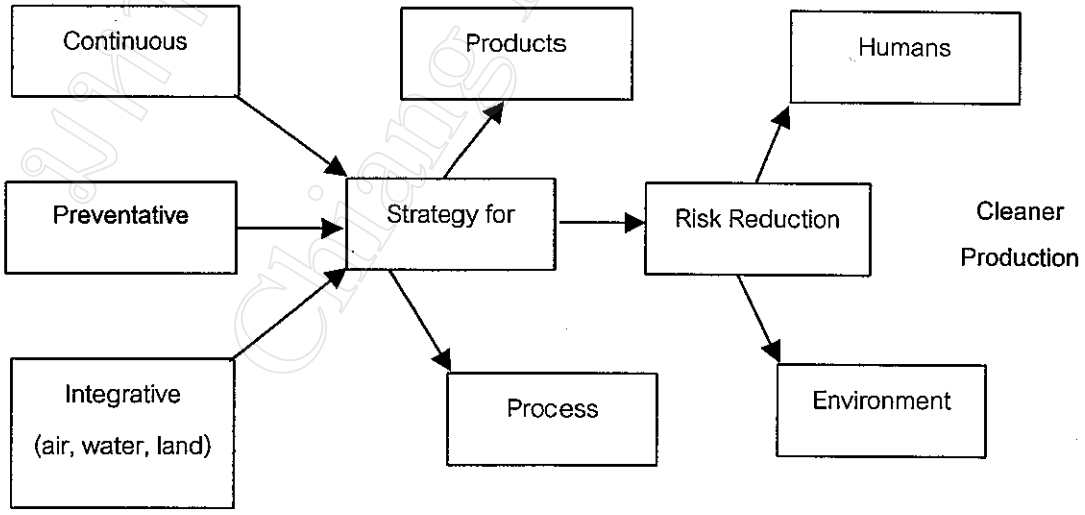
2.2 **การนำกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์** (Creation of Useful By-Product)

ได้แก่ การนำของเหลือทิ้งของโรงงานมาดัดแปลง หรือผ่านกระบวนการให้เป็นของที่เป็นประโยชน์สำหรับการใช้งานอื่น ๆ ทั้งภายในและภายนอกโรงงาน เช่น การผลิตลิกโนซัลโฟเนตจากน้ำดำในกระบวนการผลิตเยื่อ การผลิตสารเลซิตินจากกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง เป็นต้น

3. **การดัดแปลงผลิตภัณฑ์** (Product Modification)

เป็นการดัดแปลงผลิตภัณฑ์ให้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดทั้งทางด้านการผลิต และการทิ้ง หลังจากการใช้งาน เช่น การผลิตที่ฟอกสีน้อยหรือไม่ฟอกสีเลย แทนการผลิตกระดาษฟอกขาว การออกแบบลดขนาดบรรจุภัณฑ์ และหลีกเลี่ยงการใช้บรรจุภัณฑ์ที่ไม่จำเป็น การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่สามารถทำการ Recycle ได้ง่าย เป็นต้น

สรุปได้ว่า การผลิตที่สะอาดขึ้น (CP) เป็นกระบวนการยุทธศาสตร์ที่ต่อเนื่องและรอบด้านในการป้องกันปัญหาสิ่งแวดล้อม ซึ่ง UNEP (1994) (อ้างใน พิศมัย ภูริสินสิทธิ์ เอี่ยมสกุลรัตน์, 2540) ได้สรุปองค์ประกอบที่จะเป็นยุทธศาสตร์ของการป้องกันมลพิษ ดังแสดงในแผนภูมิที่ 5



แผนภูมิที่ 5 องค์ประกอบที่จะเป็นยุทธศาสตร์ของการป้องกันมลพิษ

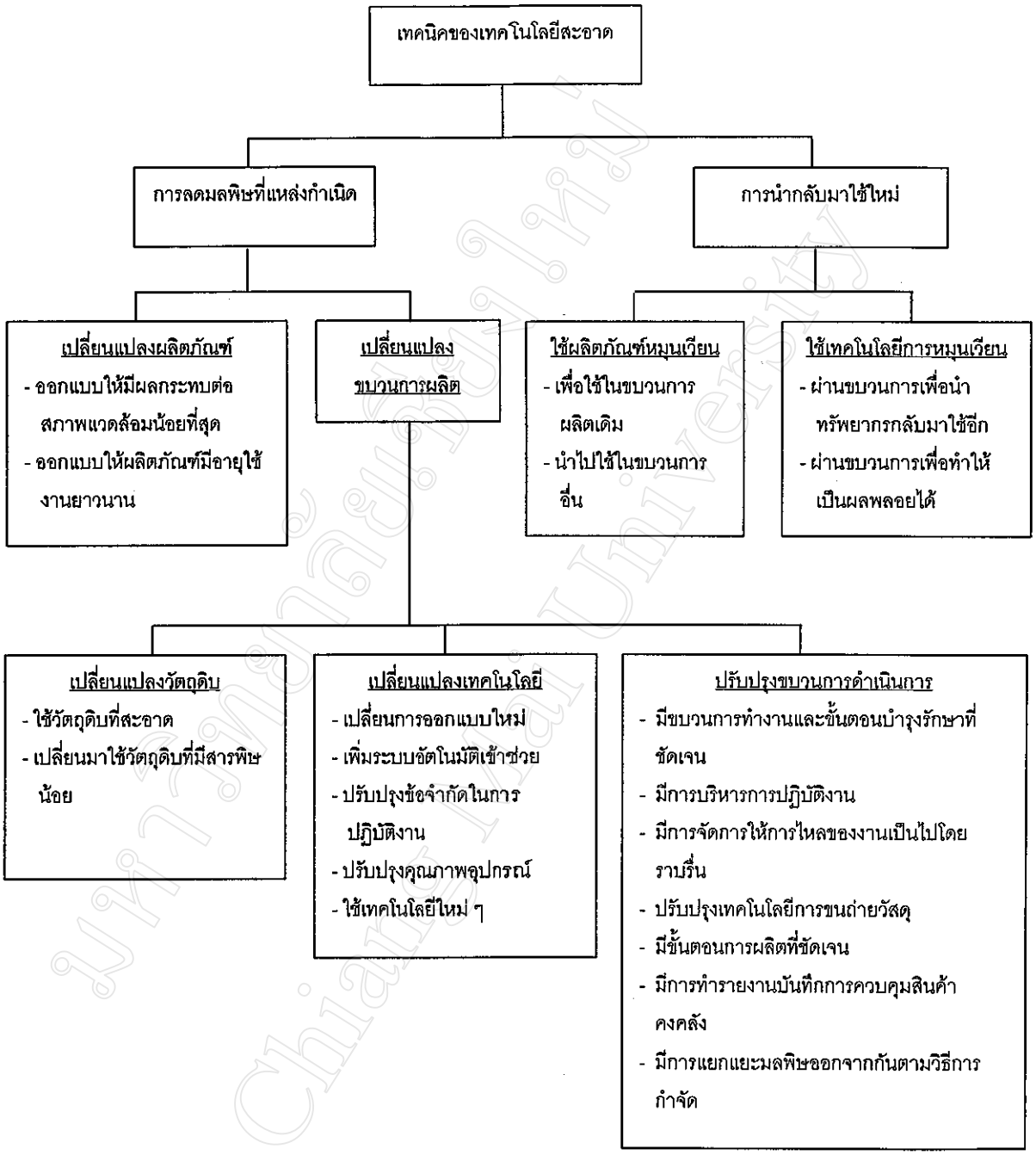
ที่มา : UNEP, 1994 อ้างในพิศมัย ภูริสินสิทธิ์ เอี่ยมสกุลรัตน์, 2540

แนวคิดของหลักการเทคโนโลยีสะอาด (Cleaner Technology – CT)

นำมาจากหลักการว่าด้วยการป้องกันมลพิษ ซึ่งหลักการว่าด้วยการป้องกันมลพิษโดยทั่ว ๆ ไปสามารถแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน (ภาพที่ 1) คือ

1. การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด
2. การนำกลับมาใช้ใหม่
3. การบำบัด
4. การทิ้งทำลาย

การจัดทำเทคโนโลยีสะอาดจะให้ความสำคัญใน 2 ขั้นตอนแรก คือ การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิดและการนำกลับมาใช้ใหม่ สามารถปฏิบัติให้เห็นผลได้โดยทันที ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาเอกสารจากสำนักงานสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2540 ในเรื่องของ แนวคิดเรื่องเทคโนโลยีสะอาดหรือการป้องกันมลพิษ ของ พิศมัย ภูริสินสิทธิ์เอี่ยมสกุลรัตน์ ซึ่งได้เสนอเทคนิคของเทคโนโลยีสะอาด (แผนภูมิที่ 6) และได้สรุปรายละเอียดจากสุเทพ ธีรศาสตร์ (2540) และวิฑูรย์ วงศ์ชัยทอง (2541) ไว้ดังต่อไปนี้



แผนภูมิที่ 6 เทคนิคของเทคโนโลยีสะอาด

ที่มา : สำนักงานสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2540

จากแผนภูมิที่ 6 ข้างต้นสามารถอธิบายรายละเอียดของเทคนิคของเทคโนโลยีสะอาดได้ดังนี้

1. การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด

โดยการหลีกเลี่ยงหรือลดการใช้สารที่ก่อให้เกิดมลพิษ สามารถทำได้ 2 วิธีคือ

1.1 การเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์

ได้แก่ การพัฒนาการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด รวมถึงออกแบบผลิตภัณฑ์ที่สามารถแยกส่วนได้ ประกอบและติดตั้งได้ง่ายและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ นอกจากนี้ควรมีการปรับปรุงผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มอายุการใช้งาน ปรับเปลี่ยนสูตรของผลิตภัณฑ์เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเมื่อผู้บริโภคนำไปใช้ และยกเลิกหีบห่อบรรจุที่ไม่จำเป็น เป็นต้น

1.2 การเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต

การเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตที่สามารถปฏิบัติและให้ผลดีที่สุดมีทั้งหมด 3 วิธีคือ

1.2.1 การปรับปรุงกระบวนการดำเนินงาน หรือการปรับปรุงระบบการทำงานและระบบการบริหารจัดการในหน่วยงาน

ผู้ประกอบการจะต้องเป็นผู้เข้ามาดูแลโดยตรง และเพิ่มความเอาใจใส่ต่อกระบวนการดำเนินงานทุกขั้นตอน ทั้งทางด้านการบริหารการปฏิบัติงาน มีการทำงานและขั้นตอนการบำรุงรักษาที่ชัดเจน สามารถดำเนินการจัดการของงานต่าง ๆ เป็นไปด้วยความราบรื่น มีขั้นตอนของการผลิตที่ชัดเจน ปรับปรุงเทคโนโลยีการขนถ่ายวัสดุ มีการทำรายงาน บันทึกการควบคุมสินค้าคงคลัง (Inventory Control) ซึ่งสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในการผลิตได้รวมถึงการให้ความสำคัญของการฝึกอบรม (Training) ที่เป็นส่วนสำคัญของการพัฒนาบุคลากร เป็นการฝึกอบรมให้เจ้าหน้าที่หรือบุคลากรในองค์กรมีความรู้ความชำนาญและทักษะในเรื่องนั้น ๆ การพัฒนาบุคลากรดังกล่าวจะทำให้องค์การมีการดำเนินงาน หรือทำการผลิตเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

1.2.2 การเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบ

ผู้ประกอบการควรเลือกใช้วัตถุดิบที่ปลอดจากสารพิษ ลดหรือยกเลิกการใช้วัตถุดิบที่เป็นอันตราย เช่น สีที่มีโลหะหนักผสมและตัวทำละลายที่มีสารคลอรีนเป็นองค์ประกอบ แต่ถ้าหากหลีกเลี่ยงการใช้วัตถุดิบอันตรายไม่ได้ ควรเลือกใช้วัตถุที่มีสารพิษน้อยที่สุดเป็นหลัก ใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพสูง เพื่อหลีกเลี่ยงการเติมสิ่งเจือปนเปื้อนเข้าไปในกระบวนการผลิต และการใช้วัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

1.2.3 การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี

วิธีการนี้จัดได้ว่าเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการจัดทำเทคโนโลยีสะอาด เนื่องจากเป็นวิธีการที่จะต้องใช้งบประมาณมาก มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง วิธีการที่สามารถปฏิบัติได้ เช่น เปลี่ยนอุปกรณ์ ตำแหน่งการวางอุปกรณ์หรือระบบท่อ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายหรือขนถ่ายอุปกรณ์ ติดตั้งอุปกรณ์การล้างน้ำแบบสวนกระแส ติดตั้งมอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพและควบคุมความเร็วการหยุดของมอเตอร์เพื่อลดการสิ้นเปลืองพลังงาน ใช้ระบบอัตโนมัติหรืออุปกรณ์ควบคุมที่ช่วยลดผลผลิตที่ด้อยคุณภาพ ปรับปรุงการดำเนินการผลิตทั้งทางด้านอัตราการไหล อุณหภูมิ ความดันหรือระยะเวลา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตหรือลดปริมาณของเสีย เป็นต้น แต่ทั้งนี้การเปลี่ยนเทคโนโลยีในกระบวนการผลิตนั้น มีตั้งแต่แบบไม่เสียค่าใช้จ่าย (No Cost) หรือแบบการลงทุนต่ำ (Low Cost) เช่นการปรับปรุงการจัดเก็บวัตถุดิบ จนกระทั่งแบบการลงทุนสูง เช่น การเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตใหม่ รวมถึงการนำกลับมาใช้ใหม่ด้วย

2. **การนำกลับมาใช้ใหม่**

วิธีการนำกลับมาใช้ใหม่นี้ สามารถแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

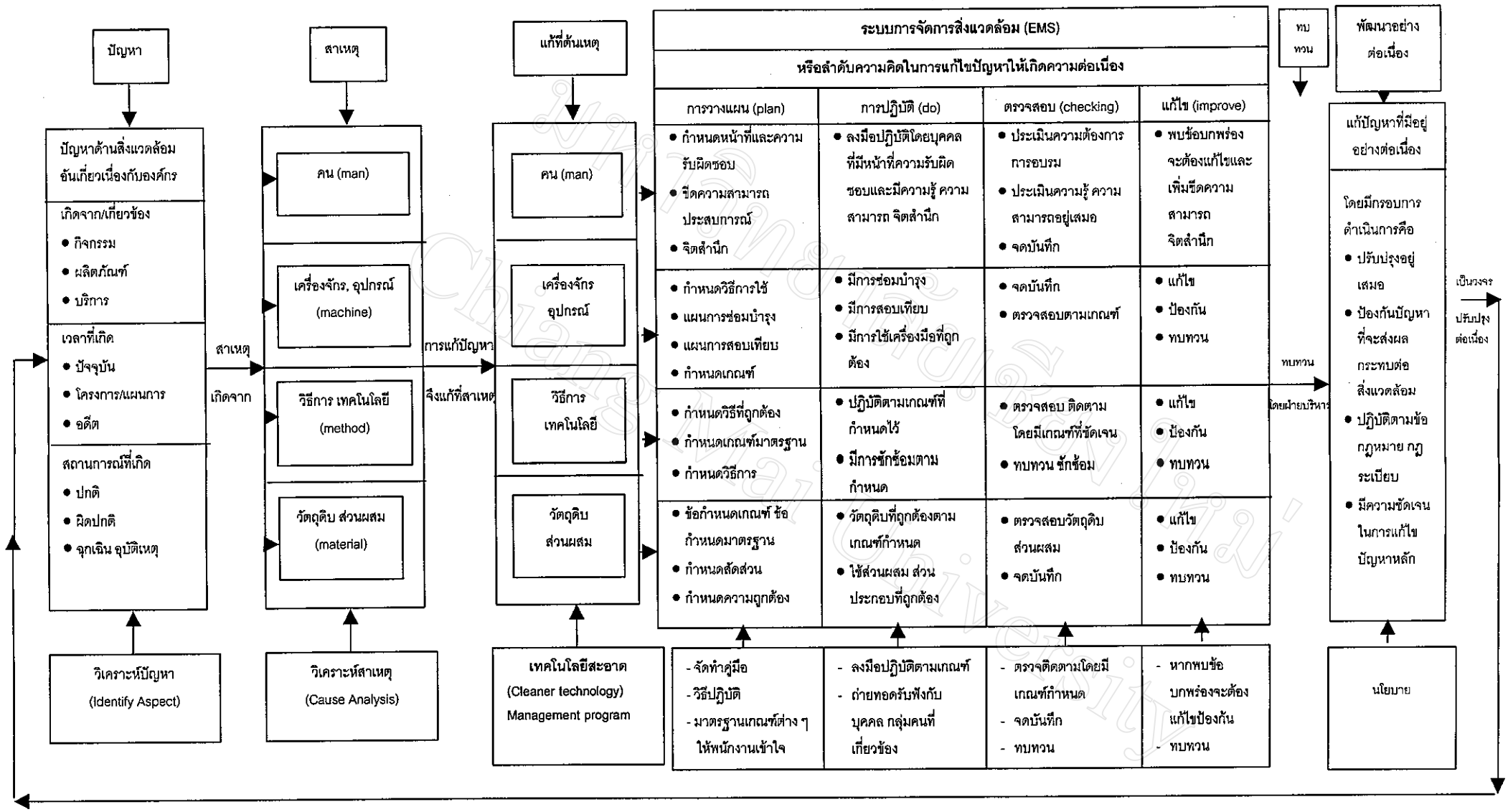
2.1 **การใช้ผลิตภัณฑ์หมุนเวียน** (Reuse)

วิธีการนี้เป็นการนำผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้วนำกลับมาใช้ใหม่ได้ทันที ซึ่งอาจจะใช้ในกระบวนการผลิตเดิม หรือนำไปใช้ในกระบวนการอื่น

2.2 **การใช้เทคโนโลยีการหมุนเวียน** (Recycle)

เป็นการนำผลิตภัณฑ์นั้น ๆ มาผ่านกระบวนการเพื่อที่จะนำกลับมาใช้ได้อีกเหมือนเดิมหรือเกิดผลพลอยได้ตามมา เช่น การนำน้ำหล่อเย็น น้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิต ตัวทำลาย และวัสดุอื่น ๆ กลับมาใช้ใหม่ ควรที่จะหาทางใช้ประโยชน์จากสารหรือวัสดุที่ปนอยู่ในของเสียให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดเป็นวิธีการที่ช่วยส่งเสริมและสนับสนุนการจัดการสิ่งแวดล้อมในหน่วยงาน เพื่อลดของเสีย ลดต้นทุนและความเสี่ยงในด้านของเครื่องจักรกล คนงาน และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม มีการวัตถุดิบและควบคุมการผลิตให้เป็นไปอย่างมี ประสิทธิภาพ อีกทั้งเป็นวิธีการที่จะนำไปสู่มาตรฐานระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO 14001 ซึ่งแนวคิดเทคโนโลยีสะอาดและมาตรฐานระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม จัดได้ว่าเป็นการแก้ไขปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมโดยการจัดการ ทั้ง 2 กลุ่มนี้ต่างมีความสัมพันธ์ระหว่างกันและมีความเชื่อมโยงซึ่งกันและกัน ดังจะเห็นได้จากแผนภูมิที่ 7



แผนภูมิที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมและเทคโนโลยีสะอาด

ที่มา : สุเทพ ธีรศาสตร์, 2540

อนึ่ง พิศมัย ภูริสินสิทธิ์ เอี่ยมสกุลรัตน์ (วิศวกรรมสาร, 2541) ได้ชี้แจงว่า ระบบ CT (Cleaner Technology) ของสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย และระบบ CP (Cleaner Production) ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) มีหลักการเดียวกัน คือ การหาข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตและจัดการแก้ไข เพียงแต่เรียกชื่อต่างกันเท่านั้น โครงการ CP เป็นคำเรียกตามโครงการของสหประชาชาติ ส่วน CT เป็นโครงการของสำนักความร่วมมือด้านสิ่งแวดล้อมและการพัฒนา (แดนแซด) ประเทศเดนมาร์ก (Danish Cooperation for Environment and Development – DANCED) ซึ่งเกิดจากการประชุมสิ่งแวดล้อมโลก

2.3 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในอุตสาหกรรมอาหารแปรรูปผัก ผลไม้กระป๋อง

อุตสาหกรรมประเภทนี้มีการใช้น้ำในกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก รูปแบบของการใช้น้ำในอุตสาหกรรมอาหารโดยทั่วไปแล้วจะใช้น้ำเพื่อเป็นส่วนประกอบสำคัญของผลิตภัณฑ์ ทำความสะอาดวัตถุดิบและอุปกรณ์การผลิต ใช้ในระบบทำความเย็น เครื่องกำเนิดไอน้ำ และในกรณีฉุกเฉินเมื่อเกิดอัคคีภัย

ดังนั้น ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำในโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปผัก ผลไม้กระป๋องจะแตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะงานในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการแปรรูปและชนิดของผัก ผลไม้ที่เป็นวัตถุดิบด้วย ดังเช่นตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการแปรรูปผักและผลไม้

ชนิดของวัตถุดิบ	ปริมาณน้ำใช้ (Gallon/Case)
หน่อไม้ฝรั่ง	70
แครอท	23
ผักโขม	160
พีช	45-60
แอปปริคอท	57-80

ที่มา : สายสนม ประดิษฐ์ดวง, "เทคโนโลยีสะอาดกับอุตสาหกรรมอาหารแปรรูปสาขาผัก ผลไม้กระป๋อง 2541", หน้า 4

การใช้น้ำในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้นำหลักการเทคโนโลยีสะอาดมาประยุกต์ใช้ ตามข้อเสนอแนะของสายสนม ประดิษฐ์ดวง (2541) มีดังนี้

1. การทำความสะอาด

1.1 การทำความสะอาดวัตถุดิบ

การทำความสะอาดวัตถุดิบ ถือได้ว่าเป็นการดำเนินการขั้นต้นในกระบวนการแปรรูปผลิตผลทางการเกษตรทุกชนิดทั้งพืชและสัตว์ เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกที่ติดมากับวัตถุดิบ ทั้งนี้ให้สภาพของวัตถุดิบนั้นอยู่ในสภาพที่เหมาะสมสำหรับการผ่านเข้ากระบวนการผลิตต่อไปได้ โดยหลักการปกติของการปฏิบัติการทำความสะอาดมี 2 ระบบคือ

1) ระบบแห้ง

1.1) การใช้แรงลมเป่าฝุ่นละอองขนาดเล็กที่ติดมากับวัตถุดิบออกไป

1.2) การใช้แม่เหล็กดูดโลหะขนาดเล็กที่ติดออกไป

1.3) การใช้ตะแกรงร่อนแยกสิ่งที่ไม่ต้องการออกไป

การทำความสะอาดในรูปแบบของระบบแห้ง เป็นระบบที่ไม่ต้องใช้น้ำ ซึ่งพัฒนามาใช้อย่างกรณีที่สำเร็จแล้วในระบบเทคโนโลยีสะอาด (CT) นั้นคือ การแยกเปลือกถั่วเขียวที่หุ้มหัวถั่วงอก จากเดิมที่ใช้น้ำเปลืองมาก เปลี่ยนมาเป็นการใช้เครื่องแยกในระบบแห้งได้สำเร็จ ผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ก็สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้เช่นกัน ดังเช่นการแยกไหมที่ติดกับฝักข้าวโพดฝักอ่อนซึ่งจะช่วยประหยัดการใช้น้ำและแรงงาน

2) ระบบเปียก

ระบบเปียกจัดเป็นระบบทำความสะอาดที่มีประสิทธิภาพสูงและไม่กระทบกระเทือนต่อคุณภาพเหมือนระบบแห้ง แต่เป็นวิธีการที่สิ้นเปลืองทั้งน้ำใช้และน้ำทิ้งที่จะต้องบำบัด ระบบเปียกสามารถแบ่งวิธีการทำได้ดังนี้

2.1) Soaking

2.2) Spraying

2.3) Floatation

2.4) Ultrasonic

ในกรณีที่มีความจำเป็นในการใช้น้ำ ควรพิจารณาการประหยัดในรูปแบบของการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่แบบหมุนเวียน และใช้ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ส่วนใหญ่ที่พบจะเป็นการจุ่มแช่แล้วให้น้ำล้นออกไป ซึ่งเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพต่ำมาก

1.2 การทำความสะอาดเครื่องมืออุปกรณ์ในกระบวนการผลิตและพื้นโรงงาน

การทำความสะอาดในขั้นตอนนี้สามารถใช้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ เกิดการสิ้นเปลืองน้ำน้อยที่สุด กล่าวคือ

1) ควรตรวจสอบสูตรและสัดส่วนของสารเคมีที่ช่วยทำความสะอาดให้ถูกต้องเหมาะสมตามคำแนะนำบนฉลาก

2) ใช้แรงกลเข้าร่วมในการทำความสะอาดด้วย เช่น ใช้แปรงถูหรือใช้น้ำที่มีแรงดันสูงเข้าช่วย

3) อุณหภูมิน้ำที่ใช้ควรปรับให้เหมาะสม

4) ปรับน้ำที่ใช้ล้างขั้นสุดท้ายก่อนทำให้แห้งอย่างเหมาะสม

หลัก 10 ประการในการประหยัดน้ำ

หลักการประหยัดน้ำนั้นสามารถทำได้ทันที (Short Term Practice) โดยใช้หลักเกี่ยวกับการปฏิบัติการที่ดีภายในบ้าน (Good House Keeping) เพียงแต่ต้องปลูกฝังให้ผู้ปฏิบัติงานทุกระดับชั้นในโรงงานนั้นให้มีจิตสำนึกในการประหยัดน้ำ แนวทางปฏิบัติสามารถดำเนินการได้ดังนี้

1. ให้ทุกคนคิดเสมอว่าน้ำคือวัตถุดิบที่มีมูลค่าเป็นต้นทุน
2. โรงงานจะต้องมีวัตถุประสงค์เรื่องการประหยัดน้ำที่ชัดเจน
3. เน้นการจัดการเกี่ยวกับเรื่องน้ำในโรงงานเป็นเรื่องสำคัญเท่า ๆ กับเรื่องอื่น
4. ติดตั้งมาตรวัดน้ำทุกจุดที่จำเป็นเพื่อเป็นตัวชี้ว่า ณ จุดประหยัดได้เพียงใดและช่วยควบคุมได้
5. ควรใช้ระบบเปิดปิดน้ำใช้ในระบบอัตโนมัติ
6. ทำการอบรมพนักงานที่เกี่ยวข้องตระหนักถึงการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ
7. ควรใช้การอัดฉีดน้ำด้วยแรงดันสูงในระบบการทำความสะอาดอุปกรณ์และพื้น
8. อย่าให้มีการใช้น้ำแทนไม้กวาด
9. พยายามหาแนวทางนำน้ำที่ใช้แล้วมาใช้อีก
10. ลดการทำวัตถุดิบและส่วนประกอบต่าง ๆ หกเลอะเทอะบนพื้น ถ้ามีควรเก็บกวาดทิ้งก่อนทุกครั้ง

2. กระบวนการลวก

การลวก คือขั้นตอนการกำจัดเอ็นไซม์ในพืชผักผลไม้ก่อนเข้าสู่กระบวนการต่อไป เพราะเอ็นไซม์หลายชนิดในพืชผลจะก่อให้เกิดผลเสียทางคุณภาพหลายด้าน จึงจำเป็นต้องกำจัดออกไป โดยเฉพาะในช่วงต่อที่รอเข้าสู่กระบวนการต่อไป ถ้าทิ้งช่วงไว้นานเอ็นไซม์นั้นจะทำงานได้และกระทบต่อคุณภาพจึงจำเป็นต้องกำจัดการกำจัดจะอาศัยความร้อนตามระยะเวลาที่เหมาะสม ดังนั้นกระบวนการลวกจึงเกี่ยวข้องทั้งในเรื่องของการใช้น้ำและพลังงานร่วมกัน

จุดประสงค์ของการลวกในกระบวนการผลิตผักผลไม้กระป๋องคือ

1) เพื่อให้ผักผลไม้หดตัวลงอยู่ในสภาพที่เหมาะสมต่อการบรรจุลงกระป๋อง และให้ได้น้ำหนักตามที่ต้องการ

2) ช่วยกำจัดอากาศหรือก๊าซที่แทรกอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลเนื้อเยื่อของผักและของผลไม้ออกไปในระดับหนึ่ง ซึ่งเป็นผลให้เกิดการลดปฏิกิริยาของการรวมตัวกับออกซิเจน (Oxidation) ลดปัญหาการกัดกร่อนสูญญากาศ (Corrosion) ของกระป๋องและเพื่อทำให้ระดับของ Vacuum ในกระป๋องถูกต้องตามที่ควรจะเป็น

3) ช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ติดกมากับวัตถุดิบลงไปในระดับหนึ่ง

4) ช่วยกำจัดเอ็นไซม์ (Enzyme) ในกรณีที่ต้องใช้เวลารอนานในช่วงรอการบรรจุและการฆ่าเชื้อเพราะอาจก่อปัญหาได้ การบรรจุกระป๋องนั้นจะไม่เน้นเรื่องกำจัดเอ็นไซม์มากนักเพราะขั้นการฆ่าเชื้อเอ็นไซม์จะถูกกำจัดอย่างหมดสิ้น

วิธีลวกทำได้หลายวิธีแต่ละวิธีมีข้อดีข้อด้อยแตกต่างกันไป จึงขึ้นอยู่กับการตัดสินใจเลือกใช้ให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์และคุณภาพที่ต้องการรวมถึงแนวคิดของข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด CT Option ด้วยวิธีการต่าง ๆ ที่ปฏิบัติกันอยู่ได้แก่

1. Hot Water Blanching
2. Steam Blanching
3. Vacuum Steam Blanching
4. Microwave Blanching
5. Hot-Gas Blanching

วิธีการใช้น้ำร้อนเพื่อการลวก (Hot Water Blanching)

จัดว่าเป็นวิธีเก่าแก่ที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง โดยนำผักหรือผลไม้ที่เตรียมไว้มาลวกลงในน้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 85 – 100°C ซึ่งอาจจะต้มโดยตรงในการปฏิบัติขนาดเล็ก ส่วน

ใหญ่จะนิยมใช้ไอน้ำพ่นให้ความร้อน ทำการลวกตามเวลาที่เหมาะสมเพื่อกำจัดเอ็นไซม์ที่จะก่อปัญหาในพืชผลนั้น อุณหภูมิและเวลาที่ใช้จะขึ้นกับชนิด ขนาด และรูปร่างของพืชผลนั้น ๆ แล้วจึงนำขึ้นแช่น้ำเย็นทันที เครื่อง Blancher ใช้น้ำร้อนถ้าทำในระบบเปิด มีรายงานว่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานค่อนข้างต่ำคือประมาณ 35 % ส่วนที่เหลือจะสูญเสียไปเป็นไอน้ำร้อนกระจายสู่บรรยากาศโดยรอบ แม้ว่าน้ำจะเป็นตัวแลกเปลี่ยนความร้อนได้ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับไอน้ำ การใช้พลังงานในการลวกนี้จะต่างกันไปตามรูปแบบของเครื่อง Blancher มีรายงานว่า Water Tank Blancher จะใช้พลังงาน 1.05 MJ/kg (450 BTU/lb) Tubular Water Blancher จะใช้พลังงาน 0.54 MJ/kg (230 BTU/lb) Screw Conveyor Blancher จะใช้พลังงาน 0.91 MJ/kg (390 BTU/lb)

วิธีการนี้จะมีปริมาณน้ำทิ้งค่อนข้างสูงเมื่อคิดปริมาณน้ำทิ้งในกรณีที่ใช้น้ำร้อนต่อน้ำหนักของผลิตผลที่ทำการลวกจะเท่ากับ 18.16 – 81.72 ซึ่งข้อดีของการใช้น้ำอีกประการคือสามารถเติมสารเคมีที่ช่วยแก้ปัญหาได้เช่นการเติมกรดซิตริกเพื่อรักษาสีและกลิ่นของผักบางชนิด

วิธีการใช้ไอน้ำเพื่อการ Blanching

วิธีการนี้มีข้อได้เปรียบคือช่วยลดการสูญเสียอาหารที่ละลายน้ำได้และช่วยลดปริมาณการใช้น้ำได้มาก โดยมีปริมาณน้ำทิ้งที่คิดในรูปสัดส่วนของ ก.ก. ของไอน้ำต่อ ก.ก. ของพืชผักเท่ากับ 9.08 จะเห็นว่าน้อยกว่าวิธีใช้น้ำครึ่งหนึ่งแต่จะสิ้นเปลืองพลังงานมากกว่า การลวกโดยพ่นไอน้ำลงบนพืชผลโดยตรงนั้นแต่จะสิ้นเปลืองพลังงาน 2.09 MJ/kg (900 BTU/lb) ซึ่งจะมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานค่อนข้างต่ำประมาณ 17 % เท่านั้น เมื่อเทียบกับการใช้พลังงานไอน้ำในรูปของการแลกเปลี่ยนความร้อนพบว่าจะใช้พลังงานไปเพียง 0.51 MJ/kg (220 BTU/lb) ซึ่งเป็นวิธีการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพสูงถึง 68 % ดังนั้น การใช้วิธีลวกโดยพ่นไอน้ำลงบนชิ้นผักโดยตรงนั้นเป็นวิธีที่ใช้พลังงานสิ้นเปลืองมาก

การพัฒนาระบบการลวกเพื่อการประหยัด

ได้เกิดมีแนวคิดมากมายหลายรูปแบบที่พยายามนำมาใช้เพื่อพัฒนาวิธีการลวกและสร้างเครื่องมือเพื่อช่วยประหยัดทั้งทรัพยากรน้ำและพลังงาน เช่น ทำการบรรจุถั่วลงกระป๋องแล้วจึงลวก ในกรณีที่พืชผลนั้นไม่เกิดการสูญเสียในการบรรจุ แต่ไม่เป็นที่นิยมปฏิบัติกัน ระบบที่นิยมปฏิบัติได้แก่

1. ระบบ IBQ (Individual Quick Blancher) เป็นการลวกที่ปรับให้สามารถใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงขึ้นถึง 86-91 % ในรูปของการใช้ไอน้ำพ่นลงไปบนผักโดยตรงดังแสดงใน

แผนภูมิที่ 2 เมื่อทำการลวกแครอทที่หั่นเป็นชิ้นบาง ๆ (1 cm) โดยส่งเข้าสู่สายพานเป็นชิ้นบาง ๆ แล้วพ่นไอน้ำลงไปนาน 25 วินาที จากนั้นแครอทจะถูกส่งลำเลียงไปวางซ้อนกันเป็นชั้นหนาอยู่บนอีกช่วงของสายพาน (Deep Bed) เพื่อให้ความร้อนกระจายตัวทั่วชิ้นของแครอทและเป็นช่วงของการ Holding เป็นเวลา 50 วินาที ซึ่งจะสามารถทำลายเอ็นไซม์ให้หมดไปได้ในเวลา 75 วินาที แต่ถ้าใช้ไอน้ำพ่นตามแบบเดิมจะใช้เวลาถึง 3 นาที จึงทำให้สามารถประหยัด พลังงานและปริมาณน้ำไปได้อย่างมีประสิทธิภาพเครื่อง Blanch แบบนี้ทำงานได้ถึง 4500 ก.ก. วัตถุดิบใน 1 ชั่วโมง

2. ระบบ Water-Sealed Steam Blancher จะช่วยปิดกั้นการสูญเสียของไอน้ำและน้ำนั้นจะร้อนขึ้นด้วยเมื่อสัมผัสกับวัตถุดิบจะเป็นการ Pre-blanch ไปในตัว ทำให้ประหยัดได้ทั้งไอน้ำและปริมาณน้ำดังแสดงภาพที่ 3

3. ระบบ Blancher- Cooler เครื่องแบบนี้จะพัฒนาเครื่องเป็น 3 ส่วน ดังแสดงในภาพที่ 4

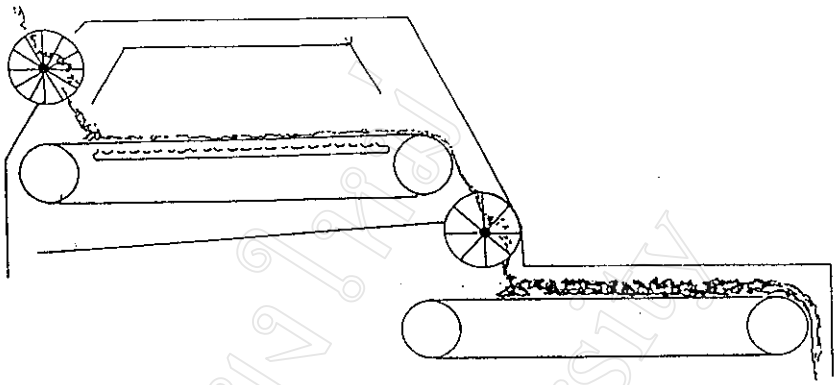
ส่วนที่ 1 เป็นช่วงของ Pre-Heating Stage

ส่วนที่ 2 เป็นช่วงของ Blanching Stage

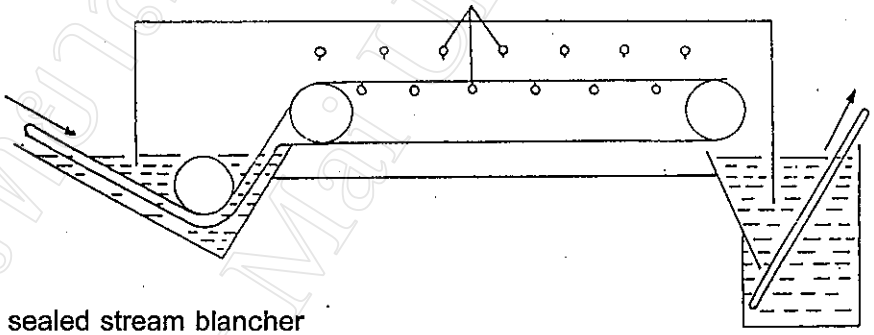
ส่วนที่ 3 เป็นช่วงของ Cooling

วัตถุดิบจะถูกลำเลียงเข้าสู่เครื่องโดยสายพานเป็นชั้นบาง ๆ ค่อนข้างนิ่งอยู่กับที่ไม่เคลื่อนที่มากนัก จึงช่วยลดการช้ำหรือแตกหักที่เกิดจากการกระแทกได้ดีกว่าการใช้น้ำที่ต้องหมุนเวียนเข้าสู่ช่วง Pre-Heat ด้วยน้ำที่ทำให้ร้อนขึ้น โดยหมุนเวียนผ่านการส่งถ่ายความร้อน (Heat Exchanger) จากน้ำที่รับความร้อนมาจากการ Cooling ให้ความร้อนแล้วก็จะเย็นลงเวียนกลับไปใช้ใหม่ น้ำในช่วง Pre-Heat จะร้อนขึ้น วิธีการนี้จะช่วยลดการใช้พลังงานได้ถึง 70 % ขั้นการลวกจะใช้การหมุนเวียนเช่นกัน ทำให้ลดปริมาณน้ำใช้และน้ำทิ้งได้มาก เครื่องนี้อ้างว่าใช้น้ำเพียง 1 ลบ.เมตร ในการลวกวัตถุดิบ 10 ตัน ประสิทธิภาพของเครื่องนี้สามารถลวก ผัก 16.7 – 20 ก.ก. โดยใช้ไอน้ำ 1 ก.ก. เทียบกับการใช้น้ำร้อนจะลวกผักได้เพียง 0.25 – 0.5 ก.ก. เมื่อใช้ไอน้ำ 1 ก.ก. เพื่อทำให้น้ำร้อนขึ้นถึงอุณหภูมิตามที่ต้องการใช้

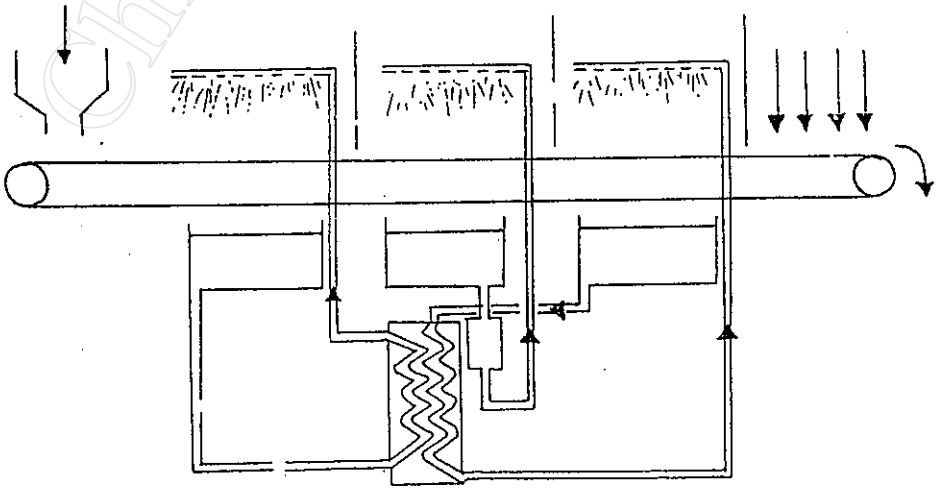
การจะปรับเปลี่ยนวิธีการลวกควรพิจารณาจากปัจจัยหลาย ๆ เรื่องที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทั้งทางด้านคุณภาพทางโภชนาการและคุณภาพด้านการรับรสชาติ (Sensory Quality) รวมถึงจำนวนจุลินทรีย์และสปอร์ที่ปะปนมาโดยเฉพาะในกรณีของการแช่เยือกแข็ง ซึ่งส่วนใหญ่ผู้ปฏิบัติการเรื่องนี้มักจะมุ่งที่ประเด็นของระดับของอุณหภูมิและเวลาในการลวกให้เพียงพอในการกำจัดเอ็นไซม์เป็นหลัก ซึ่งถ้าจะเน้นคุณภาพแล้วควรจะพิจารณาการ



ภาพที่ 2 IQB Blancher



ภาพที่ 3 Water - sealed stream blancher



ภาพที่ 4 Blancher – Cooler

ที่มา : สายสนม ประดิษฐ์ดวง, 2541

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

สูญเสียในเรื่องของสารอาหารที่จะถูกชะล้างออกจากเซลเนื้อเยื่อของผักผลไม้ (Leaching Loss) และการสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นด้วย (Oxidation Changes)

3. กระบวนการฆ่าเชื้อ (Processing)

กระบวนการฆ่าเชื้ออาหารที่บรรจุในภาชนะปิดจะต้องทำที่อุณหภูมิสูงกว่าน้ำเดือด โดยเฉพาะอาหารประเภทกรดต่ำ (Low Acid Food) จำเป็นต้องใช้ไอน้ำภายใต้ความดันสูง เครื่องมือที่ใช้นิยมเรียกว่า Retort โดยต้องควบคุมให้ไอน้ำอยู่ในสภาวะของ Supersaturated Steam การฆ่าเชื้อจึงจะเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับการปฏิบัติงานการใช้รีทอตอย่างถูกต้องที่เข้มงวดด้วยการควบคุมที่ถูกต้องทุกขั้นตอน ถ้าปฏิบัติไม่ถูกต้องจะเป็นการสูญเสียมากเพราะจะต้องทิ้งทั้งหมด กระบวนการขั้นนี้จะสิ้นเปลืองพลังงานมาก จึงสมควรจะหาวิธีประหยัดได้โดยการหุ้นฉนวน

4. กระบวนการทำให้กระป๋องเย็น (Cooling)

การทำให้กระป๋องเย็นลงนี้จะต้องทำอย่างรวดเร็วจึงมักนิยมปฏิบัติด้วยน้ำภายในรีทอต ซึ่งจะต้องใช้น้ำปริมาณมาก สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้เพื่อการประหยัดน้ำโดยใช้ระบบ Recycle โดยการส่งน้ำที่ผ่านการ Cooling แล้วเข้าสู่ถังเก็บ (Storage Tank) ผ่านการกรองทรายแล้วเข้าสู่ระบบทำความเย็น (Cooling Tower) และทำการเติมคลอรีนแล้วส่งกลับไปใช้ทำความเย็นกระป๋องใหม่

จากข้อเสนอแนะการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรของสายสนม ประดิษฐ์ดวง (2541) ดังรายละเอียดที่กล่าวมาข้างต้นแล้วนั้น เป็นข้อเสนอแนะในบางขั้นตอนของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์แปรรูปอาหาร การเสนอประเด็นทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด ในอุตสาหกรรมอาหารในด้านต่าง ๆ คณะผู้จัดทำโครงการส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีสะอาดในอุตสาหกรรมไทย กรณีศึกษาเทคโนโลยีสะอาด โดยการสนับสนุนจากสำนักงานความร่วมมือด้านสิ่งแวดล้อมและการพัฒนา (แดนแซด) ประเทศเดนมาร์ก แผนกเทคโนโลยีสะอาด ฝ่ายธุรกิจและสิ่งแวดล้อม สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย และสำนักงานจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ได้สรุปประเด็นสำคัญ ๆ ของการใช้เทคโนโลยีสะอาดในอุตสาหกรรมไว้ดังนี้

ประเด็นทางเลือกการใช้เทคโนโลยีสะอาดในอุตสาหกรรมอาหาร

1. การเตรียมวัตถุดิบ (ทำความสะอาด) ได้แก่ นำน้ำล้างที่เหลืออยู่ไปล้างสิ่งอื่น ๆ นำของเสียกากของแข็งไปเป็นอาหารสัตว์ ทำความสะอาดพื้นโดยการกวาดเศษวัตถุดิบที่หล่นตามพื้นก่อนการล้างพื้น เพื่อประหยัดปริมาณน้ำล้างพื้น ติดตั้งหัวฉีดแบบออโตเมติค หุ้มฉนวนท่อไอน้ำ นำน้ำส่วนที่หกหรือล้นกลับมาใช้ในการทำความสะอาด ติดตั้งมิเตอร์น้ำ หุ้มฉนวนท่อน้ำเย็น ปรับระดับพื้นเพื่อความสะดวกในการปฏิบัติงาน แยกน้ำแข็งที่ละลายก่อนที่จะเอากุ้งฝอยที่เย็นเข้าไปในถังความสะอาด

2. การทำให้ละลาย/การบรรจุ ได้แก่ นำน้ำที่ใช้สำหรับการละลายไปใช้ในส่วนอื่น ๆ ใช้วิธีการละลายอื่น ๆ เพื่อลดปริมาณการใช้น้ำ

3. การคัดเลือกขนาด ได้แก่ นำของเสียที่เป็นกากของแข็งจากการผลิตของผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เป็นอาหารสัตว์ นำน้ำจากการล้างตะกร้าไปใช้สำหรับการล้างอื่น ๆ

4. การฟอกขาว ได้แก่ นำน้ำที่ใช้ในการฟอกขาวกลับมาใช้ใหม่ ใช้ตะกร้าโลหะแทนตะกร้าพลาสติกเพื่อป้องกันการชำรุด แยกบริเวณฟอกขาวเป็นสัดส่วนเพื่อลดความร้อนในพื้นที่การทำงาน ทำฝาครอบอุปกรณ์ฟอกขาว ห้องดูดอากาศของการฟอกขาวควบคุมโดยใช้ระบบออโตเมติค ใช้ไอน้ำในการทำการฟอกขาวแทนน้ำ

5. การล้างบรรจุภัณฑ์ (กระป๋อง/ขวดบรรจุ) ได้แก่ นำน้ำล้างกลับไปใช้ใหม่

6. การให้ความร้อนเพื่อให้สุกตัว ได้แก่ นำไอน้ำที่เกินความจำเป็น ไปใช้ในการให้ความร้อนอื่น ๆ

7. การตัด/บรรจุ/ชั่งน้ำหนัก ได้แก่ ติดตั้งหัวฉีดแบบออโตเมติค

8. การปิดฝาภาชนะบรรจุโดยใช้ระบบสูญญากาศ ได้แก่ นำน้ำหล่อเย็นที่ใช้สำหรับการปิดฝาภาชนะบรรจุมาใช้ในการล้างอื่น ๆ

9. การฆ่าเชื้อโรคโดยวิธีอุ่น ได้แก่ นำความร้อนส่วนที่เกินกลับมาใช้ใหม่หรือใช้ในการละลาย นำน้ำจากการพาสเจอร์ไรซ์กลับมาใช้ใหม่ หุ้มฉนวนในส่วนของการพาสเจอร์ไรซ์ ทำการให้ความร้อนของน้ำ ก่อนที่จะผ่านไปยังส่วนของการพาสเจอร์ไรซ์เพื่อประหยัดพลังงาน

10. การแช่แข็ง ได้แก่ ปิดประตูห้องแช่เข็งในระหว่างที่มีการแช่แข็ง ใช้แก๊สร้อนสำหรับการละลาย ใช้น้ำรีไซเคิลสำหรับการละลายครั้งแรก ก่อนที่จะล้างครั้งสุดท้ายด้วยน้ำใหม่ ทำการวางแผนในการทำการแช่แข็ง เช่น เวลาในการผลิตไม่ถูกหยุดและไม่มีผลิตภัณฑ์คอยสำหรับการให้เย็น หาสาเหตุของการสูญเสียหลังการทำให้เย็น เพื่อป้องกันการใช้พลังงานที่เกินไป เนื่องจากการนำกลับมาทำให้เย็นใหม่

11. การทำให้เย็นตัวและฆ่าเชื้อ ได้แก่ นำน้ำทิ้งที่ไหลล้นจากการหล่อเย็น Basin กลับมาใช้เป็นน้ำหล่อเย็นใหม่ นำน้ำหล่อเย็นมาใช้สำหรับการล้างอื่น ๆ นำคอนเดนเสทของไอน้ำกลับมาใช้ใหม่ ซ่อมแซมท่อที่รั่ว หุ้มฉนวนท่อไอน้ำ

12. การเก็บรักษาโดยใช้ความเย็น ได้แก่ ใช้น้ำรีไซเคิลสำหรับการละลายและการล้างน้ำครั้งแรก

13. การล้างก่อนเติมให้เต็ม ได้แก่ Used Before Washing off Solids

14. ไอน้ำที่ปล่อยจากหม้อต้มไอน้ำ ได้แก่ การนำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่

15. ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ ได้แก่ ทำการตรวจสอบเกี่ยวกับการใช้พลังงานโดยละเอียด

16. การเชื่อมรอยต่อของฝาบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ Can seal inspection using electronic detectors after seaming

17.นโยบายการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ จัดตั้งนโยบายทางด้านสิ่งแวดล้อมเกี่ยวกับการลดปริมาณการใช้น้ำ จัดตั้งนโยบายเกี่ยวกับการตรวจวัดทางด้านสิ่งแวดล้อม

18. การปฏิบัติงานและนโยบายด้านความปลอดภัย ได้แก่ ติดตั้งป้ายเตือนภัยในแต่ละจุดที่เป็นอันตราย ติดตั้งเครื่องป้องกันในบริเวณที่ลูกจ้างจะต้องเผชิญกับน้ำร้อน ไอน้ำ และการกระเด็นของสารเคมี ในบริเวณต่าง ๆ ควรจะไม่มีน้ำมัน น้ำมันหล่อลื่น สารลดแรงตึงผิว ฝุ่น น้ำ

19. ระบบการจัดการน้ำเสีย ได้แก่ พัฒนาระบบแผนงานในการสุ่มตัวอย่างและการวิเคราะห์ตัวอย่าง ทำการตรวจสอบความเข้มข้นของซัลเฟตและค่า BOD ในน้ำเสียเพื่อป้องกันกลิ่น Vegetative barriers and structures can be used to absorb or block the transportation of orders and decrease their strength ตะกอนของแข็งที่มาจากระบบจะต้องฝังกลบหรือทำให้แห้งก่อน เพื่อป้องกันการระเหยของกลิ่น Separation of High Volume Storm Water Runoff

2.4 สรุป

เทคโนโลยีสะอาดเป็นการเปลี่ยนแนวคิดจาก "การแก้ไข" (Corrective) ที่เป็นวิธีในเชิงรับ เป็น "การป้องกัน" (Preventive) ซึ่งเป็นวิธีการในเชิงรุก โดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์มีหลักการขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานอย่างชัดเจน ซึ่งจะต้องผ่านขั้นตอนการตรวจประเมินเพื่อหาสาเหตุแล้วจึงไปสู่แนวทางการแก้ไขหรือข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด สามารถทำได้โดยการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิดและการนำกลับมาใช้ใหม่ ดังรายละเอียดกล่าวไว้ข้างต้น (แผนภูมิที่ 8) หาก

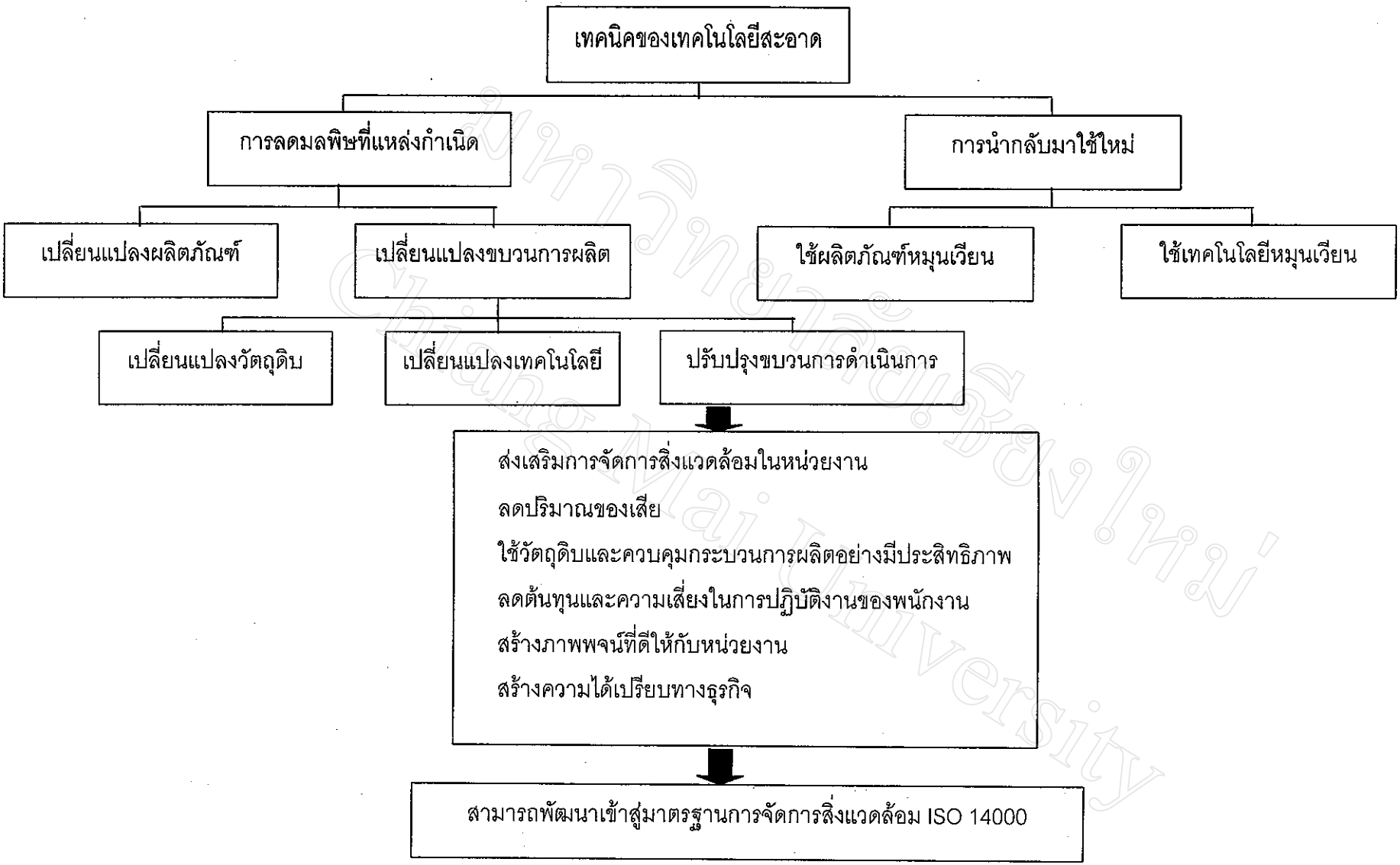
เปรียบเทียบหลักการเทคโนโลยีสะอาดในเชิงหลักการทางพุทธศาสนา ในเรื่องของอริยสัจสี่จะพบว่าของเสียเปรียบเทียบได้กับทุกข์ การหาสาเหตุของการเกิดของเสีย เปรียบเทียบได้กับสมุทัย (สาเหตุของการเกิดทุกข์) ข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด หรือวิธีการแก้ไขป้องกันการเกิดของเสีย สามารถเปรียบเทียบได้กับนิโรธและมรรค (ข้อปฏิบัติของการดับทุกข์) นั่นเอง (ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์ พัฒนา มูลพฤกษ์ และธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ, 2541)

การจัดทำเทคโนโลยีสะอาดต้องอาศัยการสนับสนุนจากผู้บริหารขององค์กรเป็นสำคัญ อีกทั้งความร่วมมือร่วมใจของบุคลากรในทุกฝ่ายและทุกระดับ ถึงจะทำให้การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดประสบความสำเร็จ

พิศมัย เจนวนิชปัญจกุล (2541) กล่าวว่า การจัดทำเทคโนโลยีสะอาดสามารถที่จะช่วยลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม ทั้งทางด้านปริมาณของเสียและมลพิษที่ลดลง ลดค่าใช้จ่ายในการผลิต ในส่วนของค่าใช้จ่ายในการผลิตและค่าใช้จ่ายในการบำบัดของเสีย และช่วยปรับปรุงในด้านสภาพแวดล้อมในการทำงาน ประสิทธิภาพในการผลิตและคุณภาพผลิตภัณฑ์ รวมถึงภาพพจน์หรือภาพลักษณ์ขององค์กรดีขึ้นในสายตาของสาธารณชน

เทคโนโลยีสะอาดจัดว่าเป็นเครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์ในการจัดการสิ่งแวดล้อมอีกชนิดหนึ่งที่ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรม องค์กร ชุมชน หน่วยงานต่าง ๆ หรือแม้แต่สามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเอง โดยเฉพาะในภาคอุตสาหกรรม การดำเนินกิจกรรมเทคโนโลยีสะอาดอย่างต่อเนื่องในองค์กร เพื่อให้มีการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต การบริการ และการจัดการของเสียอยู่ตลอดเวลา นับเป็นองค์ประกอบที่สำคัญใน "ระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม" (Environmental Management System – EMS) ซึ่งเป็นมาตรฐาน ISO 14001 ในอนุกรมมาตรฐาน ISO 14000 ภาคอุตสาหกรรมได้หันมาสนใจแนวคิดนี้อย่างกว้างขวางมากขึ้น ทั้งนี้เพื่อจะเพิ่มศักยภาพในการแข่งขัน ทำให้มลพิษลดน้อยลง ประหยัดทรัพยากรธรรมชาติ และที่สำคัญคือช่วยให้การพัฒนาอุตสาหกรรมที่จะส่งเสริมความก้าวหน้าของประเทศ เป็นไปในรูปแบบการพัฒนาอุตสาหกรรมและการพัฒนาประเทศแบบยั่งยืนต่อไป

การปลุกจิตสำนึกสร้างความตระหนักรู้รับผิดชอบให้เกิดขึ้นในตัวบุคคล ซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญของการพัฒนาในทุกประเภทควรได้รับการสนับสนุน พร้อมทั้งการนำเสนอสร้างแนวคิดใหม่ ๆ อยู่ตลอดเวลาในการร่วมกันที่จะรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมให้เกิดความยั่งยืนและอยู่รอดต่อไป ดังที่ อัลเบริต์ ไอน์สไตน์ ได้กล่าวไว้ว่า "ถ้ามนุษย์ชาติจะอยู่รอดได้เราต้องมีวิธีคิดใหม่" (We shall require & substantially new manner of thinking if mankind is to survive) (ประเวศ วะสี, 2536)



แผนภูมิที่ 8 **เทคนิคของเทคโนโลยีสะอาดและประโยชน์ที่ได้รับ**

ที่มา : ปรับปรุงจากสำนักงานสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรม, 2540