# บทที่ 2

# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเกี่ยวกับการลดต้นทุนการใช้พลังงานความร้อนสำหรับกระบวนการอบแห้งลำไย ผู้ศึกษาได้รวบรวมแนวคิด ทฤษฎีและกรณีศึกษาต่างๆที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาโดยมีลำดับการนำเสนอ ดังนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ทฤษฎีพื้นฐานการอบแห้ง

2.1.2 ชนิดของการอบแห้ง

2.1.3 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งลำไย

2.1.4 ศึกษาการทำงานของเครื่องอบลมร้อนอินฟราเรด

2.1.5 แผงผลิตน้ำร้อนจากพลังงานจากแสงอาทิตย์ (Solar Collector)

2.1.6 ระบบผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์

2.1.7 ตัวชี้วัดผลการดำเนินงานขององค์กรด้านการผลิต

2.1.8 การวิเคราะห์ทางการเงิน

## 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.1.1 ทฤษฎีพื้นฐานการอบแห้ง

การอบแห้งคือการลดปริมาณความชื้น (Moisture Content) ของผลิตภัณฑ์เพื่อป้องกันการเน่าเสียในช่วงเวลาหนึ่งกระบวนการอบแห้งประกอบด้วย 2 กระบวนการที่สำคัญคือการถ่ายเทความร้อนจากแหล่งความร้อนสู่ผลิตภัณฑ์ และถ่ายเทความชื้นออกจากภายในผลิตภัณฑ์มาที่ผิวและออกสู่อากาศภายนอกวัสดุซึ่งมีความชื้นอยู่ภายในเมื่อสัมผัสกับอากาศร้อน จะเกิดการถ่ายเทความร้อนขึ้นที่บริเวณพื้นผิวของวัสดุนั้นและวัสดุอบแห้งดังกล่าวจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นๆ ความชื้นจะระเหยกลายเป็นไอออกไปจากวัสดุสู่บรรยากาศรอบข้างถ้ากำหนดให้อุณหภูมิและความชื้นของอากาศที่ไหลผ่านวัสดุอบแห้งมีค่าคงที่และอากาศที่ถ่ายเทความร้อนให้แก่วัสดุเป็นแบบการพาความร้อนขั้นตอน การลดลงของความชื้นสามารถแบ่งได้เป็น 3 ระยะ (พูลทวีศรหมและคณะ, 2559 ) คือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(1) ระยะเริ่มต้นของการอบแห้ง (Initial Period) ระยะช่วงนี้อุณหภูมิที่พื้นผิวของวัสดุอบแห้งจะเข้าสู่สภาวะสมดุลทางความร้อน (Dynamic Equilibrium) และจะมีการระเหยของ ความชื้นเกิดขึ้นที่บริเวณพื้นผิวของวัสดุอบแห้ง อัตราการอบแห้งของวัสดุจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

(2) ระยะอัตราการระเหยของไอน้ำคงที่ (Constant-Rate Period) ระยะนี้อุณหภูมิที่พื้นผิวของวัสดุอบแห้งจะมีค่าคงที่และความชื้นที่บริเวณพื้นผิวของวัสดุจะอยู่ในสภาวะอิ่มตัว การกระจายความชื้นที่พื้นผิวของวัสดุมีค่าสม่ำเสมอ โดยที่อัตราการเคลื่อนที่ของความชื้นจากภายในวัสดุอบแห้งมายังพื้นผิวของวัสดุมีค่าเท่ากับอัตราการระเหยของน้ำที่ผิววัสดุ อัตราการอบแห้งในระยะนี้จะมีค่าคงที่และขึ้นอยู่กับอัตราการถ่ายเทความร้อนที่พื้นผิวของวัสดุ

(3) ระยะอัตราการระเหยของไอน้ำลดลง (Falling-Rate Period) ระยะนี้จะเริ่มจากเมื่อ ความชื้นบนพื้นผิวไม่อิ่มตัว อัตราการเคลื่อนที่ของความชื้นจากภายในของวัสดุอบแห้งไปยังบริเวณ พื้นผิวมีค่าน้อยกว่าอัตราการระเหยของความชื้นที่พื้นผิวของวัสดุอบแห้งจุดที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการระเหยที่คงที่มาเป็นช่วงที่มีอัตราการระเหยคงที่มาเป็นช่วงที่มีอัตราการระเหยลดลงเรียกว่า จุดความชื้นวิกฤต (Critical Moisture Content) การระเหยของไอน้ำจะสิ้นสุดลงเมื่อถึงจุดที่เรียกว่า ความชื้นสมดุล (Equilibrium Moisture Content) เป็นจุดที่ความชื้นของวัสดุที่ยังคงที่มีอยู่ภายในเนื้อวัสดุ แต่ไม่มีการสูญเสียให้กับอากาศภายนอก

**2.1.2 ชนิดของการอบแห้ง**

1) การอบแห้งแบบตู้ (Cabinet Drying) ระบบการอบแห้งชนิดนี้จะใช้ถาดที่สามารถให้วัสดุอบแห้งสัมผัสกับอากาศร้อนในห้องที่ปิด ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเครื่องอบแห้งแบบตู้จะทำงาน ลักษณะเป็นกะ (Batch System) การอบแห้งแบบนี้มีจะข้อเสียคือ การอบแห้งวัสดุไม่สม่ำเสมอที่ตำแหน่งต่างกันภายในระบบ จึงควรมีการปรับปรุงให้ถาดหมุนได้เพื่อช่วยปรับปรุงการอบแห้งให้สม่ำเสมอขึ้น

2) การอบแห้งแบบอุโมงค์ (Tunnel Drying) วัสดุจะวางเรียงอยู่บนถาดซึ่งจะซ้อนกันเป็นชั้นและถาดวางวัสดุอบแห้งที่เรียงซ้อนกันหลายถาดจะถูกนำเข้าไปยังอุโมงค์ที่มีอากาศ โดยสามารถส่งวัสดุอบแห้งเข้าและนำวัสดุออกจากอุโมงค์ได้หลายวิธีได้แก่ การไหลสวนทางของอากาศกับการเคลื่อนที่ของวัสดุอบแห้งผ่านอุโมงค์หรือการเคลื่อนที่ขนานกันของอากาศ และวัสดุอบแห้งผ่านอุโมงค์หรือการเคลื่อนที่ของอากาศสวนทางกับวัสดุอบแห้งที่ผ่านอุโมงค์ และมีอากาศบางส่วน หมุนเวียนกลับมาใช้ปัญหาอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นเช่นเดียวกับเครื่องอบแบบตู้คือ การอบแห้งวัสดุไม่สม่ำเสมอที่ตำแหน่งต่างในอุโมงค์เพื่อให้เกิดปัญหาน้อยที่สุดสามารถทำได้โดยการกระจายความร้อนของอากาศผ่านอุโมงค์อย่างสม่ำเสมอ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3) การอบแห้งแบบสายพาน (Conveyor Drying) ทำได้โดยการวางเรียงวัสดุอบแห้ง ชั้นเดียวบนสายพานเจาะรูที่เคลื่อนที่ อากาศแห้งจะไหลผ่านรูของสายพานไปในทิศทางขึ้นหรือลงขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของวัสดุอบแห้ง นิยมอบให้ความชื้นของวัสดุลดลงถึงระดับหนึ่งก่อนที่จะส่งไปยังเครื่องอบเพื่อทำการอบแห้งวัสดุจนถึงระดับความชื้นที่ต้องการ

4) การอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Drying) เหมาะที่จะใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารที่มีปริมาณความชื้นเริ่มต้นสูงและอยู่ในสภาพเริ่มต้นเป็นของเหลว ลักษณะเฉพาะของการอบแห้งแบบพ่นฝอยคือวงจรการอบแห้งจะเร็วเวลาที่ผลิตภัณฑ์อยู่ในห้องอบแห้งสั้น และผลิตภัณฑ์สุดท้ายพร้อม ที่จะบรรจุทันทีที่ออกจากเครื่องอบแห้ง

5) การอบแห้งแบบนิวมาติก (Pneumatic Drying) เหมาะที่จะใช้กับวัสดุอบแห้งที่มี ลักษณะเป็นผงเมล็ดหรือแผ่นซึ่งความชื้นส่วนใหญ่จะถูกกำจัดออกไปในช่วงอัตราการอบแห้ง อากาศร้อนจะนำวัสดุที่ผ่านช่วงอบแห้งแล้วเข้าสู่ส่วนแยก ในสภาวะเช่นนี้จะมีการสัมผัสอย่างใกล้ชิดระหว่างวัสดุและอากาศที่ใช้อบแห้ง ถ้าเวลาที่สัมผัสสั้นมากจะสามารถรักษาคุณภาพของวัสดุไว้ได้ สามารถใช้อุณหภูมิของอากาศร้อนได้ถึง 1,100 องศาเซลเซียส

6) การอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized-bed Drying) การสัมผัสระหว่างวัสดุ และอากาศร้อนเช่นเดียวกับการอบแห้งแบบนิวมาติก อากาศจะถูกบังคับผ่านอนุภาคของวัสดุอบแห้ง ด้วยความเร็วสูงพอที่จะพยุงให้วัสดุลอยตัวอยู่ได้และเคลื่อนที่ตามแนวนอน ขณะที่กระบวนการอบแห้งดำเนินอยู่ โดยทั่วไปความเร็วลมที่ใช้อยู่ระหว่าง 0.05 - 0.75 เมตรต่อวินาที

7) การอบแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอก (Drum Drying) เครื่องอบแห้งชนิดนี้จะมี ลูกกลิ้งทรงกระบอกร้อน โดยลูกกลิ้งจะหมุนในแนวนอนเพื่ออบแห้งผลิตภัณฑ์ที่เป็นสารละลายหรือของเหลวหนืดอย่างต่อเนื่อง ผลิตภัณฑ์จะแห้งขณะที่ติดกับลูกกลิ้งและจะเขี่ยออกโดยใช้ใบมีด การอบแห้งเกิดขึ้นในฟิล์มของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนโดยผ่านลูกกลิ้งไปยังผิวของผลิตภัณฑ์ วิธีนี้จะให้สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสูงแต่ทำให้คุณภาพลดลงได้มากถ้าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไวต่อความร้อน

8) การอบแห้งแบบการระเหิด (Freeze Drying) เป็นการอบแห้งผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่แข็งก่อนแล้วจึงให้ความร้อนแก่ผิวของผลิตภัณฑ์ทำให้น้ำแข็งระเหิด ณ จุดนั้น แล้วไอน้ำจะถูกกำ จัดออกไปทันที การระเหิดและกำจัดไอน้ำจะทำให้ผิวหน้าของน้ำแข็ง (Ice front) ลดน้อยลงขณะที่ Ice front เคลื่อนที่ห่างจากผิวผลิตภัณฑ์จะมีการถ่ายเทความร้อน และการแพร่กระจายของไอเป็นตัวบ่งบอกอัตราการอบแห้งแบบระเหิดของผลิตภัณฑ์ ข้อดีของกระบวนการอบแห้งแบบระเหิดคือ ในการกำจัดความชื้นสามารถทำได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยไม่จำเป็นต้องให้ผลิตภัณฑ์สัมผัสกับอุณหภูมิสูงเกิน เป็นผลให้ ผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้งมีโครงสร้างดี คือมีโครงสร้างเปิดเป็นรูพรุนทำให้สามารถคืนรูปเดิมได้ดีและรวดเร็ว มีกลิ่นดี แต่การลงทุนและค่าใช้จ่ายในการอบแห้งสูงมาก จึงใช้เฉพาะงานที่ต้องการผลิตภัณฑ์ที่ต้องการคุณภาพสูงจริงๆ

9) การอบแห้งโดยไมโครเวฟ (Microwave Drying) เป็นวิธีการอบแห้งโดยใช้ช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เหมาะสม สามารถทะลุทะลวงเข้าไปในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทำให้แห้ง โดยคลื่นดังกล่าวจะถูกดูดกลืนโดยน้ำที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์การระเหยของน้ำจึงเป็นไปอย่างรวดเร็วมาก การ อบแห้งวิธีนี้ยังไม่เป็นที่นิยมแพร่หลายเพราะต้องลงทุนและเสียค่าใช้จ่ายสูง

10) การอบแห้งแบบสุญญากาศ (Vacuum Drying) การอบแห้งแบบนี้จะสามารถ ระเหยน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือดของน้ำในสภาพบรรยากาศปกติ ช่วยลดการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากผลของการใช้ความร้อนสูง ในแต่การอบแห้งการลงทุนและการทำงานของเครื่องต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง จึงมักใช้อบแห้งผลิตภัณฑ์ที่ค่อนข้างไวต่อการเสื่อมเสีย ความร้อนและต้องการลดความชื้นของผลิตภัณฑ์ให้ต่ำมาก

11) การอบแห้งแบบการเกิดฟอง (Foam-mat Drying) นิยมใช้ในการทำน้ำผลไม้ผง เช่น น้ำส้ม น้ำมะเขือเทศ และน้ำองุ่น เป็นต้น อาศัยหลักการเพิ่มพื้นที่ผิวให้กับอาหารที่จะสัมผัสอากาศร้อน ซึ่งในขั้นแรกต้องทำให้อาหารเหลวเกิดเป็นฟองเล็กโดยใช้สารทำให้เกิดฟอง (Foaming agent) จากนั้นจะผ่านอาหารเหลวไปบนตัวกลางที่มีความร้อนทำให้น้ำระเหยออกไปอย่างรวดเร็วได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำมาก อาจเหลือเพียง 1 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น

12) การอบแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน (Heat Pump Drying) ระบบนี้แบ่งตามการ ไหลเวียนของอากาศได้เป็น 2 ลักษณะคือการอบแห้งระบบเปิด (Open system) เมื่ออากาศร้อนถูกนำไปใช้ในการอบแห้งแล้วจะถูกปล่อยทิ้งสู่บรรยากาศทั้งหมด และการอบแห้งระบบปิด (Close system) ซึ่งอากาศหลังอบแห้งจะถูกนำกลับมาใช้ใหม่ทั้งหมดเพื่อช่วยประหยัดพลังงานและยังสามารถแบ่งย่อยเป็นระบบปิดบางส่วน (Partial closed system) คืออากาศหลังอบแห้งจะถูกปล่อยทิ้งบางส่วนและนำอากาศใหม่เข้ามาแทนที่ สำหรับการอบแห้งแบบระบบปิดซึ่งใช้ปั๊มความร้อนลดความชื้นและอุ่นอากาศร่วมกัน จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบอื่นเนื่องจากสามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งสองส่วน และควบคุมการทำงานของระบบได้ง่าย และไม่มีผลกระทบจากสภาวะแวดล้อม

13) การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Drying) การพัฒนาเครื่องอบแห้ง พลังงานแสงอาทิตย์เกิดขึ้นเนื่องจากจุดประสงค์หลัก 2 ประการ คือประการแรกเพื่อควบคุมอัตราการอบแห้งโดยการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สร้างตู้หรือห้องที่สามารถเก็บสะสมความร้อน โดยมีแผงสะสมความร้อนเพื่อช่วยให้อุณหภูมิในตู้อบสูงทำให้อัตราการอบแห้งเกิดได้เร็วขึ้น และควบคุมอัตราการอบแห้งได้ประการที่ สองเพื่อควบคุมความสะอาด เนื่องจากการอบแห้งแบบนี้จะไม่มีปัญหาจากแมลงวัน สัตว์ปีกหรือสัตว์อื่น มารบกวนผลิตภัณฑ์อบแห้งทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สะอาดและคุณภาพดี

### 2.1.3 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งลำไย

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งของลำไยพบว่า ปัจจัยดังกล่าวนั้นประกอบไปด้วยขนาดของเตาอบที่ใช้วัสดุที่นำมาสร้างเตา การกระจายความร้อนภายในเตา เชื้อเพลิงระยะเวลา อุณหภูมิที่ใช้ในการอบ รวมถึงการจัดวางและสลับตำแหน่งในขณะอบเพื่อให้ความร้อนกระจายเข้าสู่ผลลำไยได้อย่างทั่วถึง (เวียง อากรชี และคณะ, 2551)

### 2.1.4 ศึกษาการทำงานของเครื่องอบลมร้อนอินฟราเรด

หลักการทำงานพื้นฐานของเครื่องอบลมร้อนอินฟราเรดนั้นคือ การให้ความร้อนโดยใช้รังสีอินฟราเรด เป็นการให้ความร้อนในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยอยู่ในช่วงความยาวคลื่นของรังสีอินฟราเรด ซึ่งจะสัมพันธ์กับแสงที่มองเห็นได้ และรูปแบบอื่นของพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยช่วงรังสีอินฟราเรดสามารถแบ่งได้ 3 กลุ่ม คือ คลื่นสั้น คลื่นปานกลาง และคลื่นยาว การดูดซับรังสีอินฟราเรดจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความยาวของคลื่นอินฟราเรด ส่วนประกอบของวัตถุ ลักษณะพื้นผิวของวัตถุ มุมการตกกระทบ และสีของวัตถุ วัตถุที่เป็นของแข็งส่วนใหญ่จะดูดซับรังสีอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่นมากกว่า 2 ม. ได้ดี ยกเว้นโลหะที่ขัดขึ้นเงา เช่น ทอง เงิน การใช้งานรังสีอินฟราเรดจะต้องมีตัวปล่อยคลื่น ซึ่งชนิดของคลื่นประกอบด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. คลื่นสั้น ตัวปล่อยคลื่น คือ หลอด Tungsten Filament หลอด T- 3 Quartz Lamps
2. คลื่นปานกลาง ตัวปล่อยคลื่น คือ คอยล์ หรือลวดที่บรรจุในแท่ง Quartz ท่อ Silicon ท่อ Metal Radiant Tubes

**ประเภทของการใช้งาน**

การประยุกต์ใช้งานของคลื่นอินฟราเรดจะขึ้นอยู่กับความยาวของคลื่น และลักษณะการใช้งานโดยมีตัวอย่างการใช้งานที่หลากหลาย ได้แก่ การอบสี การอบผลิตภัณฑ์แป้ง การเคลือบภาชนะในการ

ทำอาหารการเคลือบสาร PVC บนผนัง การอบแห้งสารแม่เหล็กบนเทปคาสเสท การอบแห้งผลิตภัณฑ์กระจกนิรภัย การอบหนัง การอบแห้งกระดาษ การอบสี และแลคเกอร์ การบัดกรี การทำให้โลหะหดตัว การเผากระเบื้อง ฯ ล ฯ

**ประโยชน์ของเทคโนโลยี**

การนำเครื่องอบอินฟราเรดมาใช้งานนั้นมีประโยชน์คือสามารถทำความร้อนและลดความร้อนได้อย่างรวดเร็ว ส่วนใหญ่เตาอบไฟฟ้าที่ใช้รังสีอินฟราเรดสามารถทำความร้อนให้ผลิตภัณฑ์ได้ในเวลาเพียงไม่กี่วินาที ทำให้เตามีขนาดเล็ก ต้องการพื้นที่ว่างในเตาน้อยลง รวมถึงเป็นเทคโนโลยีที่สะอาด ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมอุณหภูมิได้อย่างแม่นยำ เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ มีต้นทุนเริ่มแรกและค่าบำรุงรักษาที่ต่ำ

**ข้อพิจารณาในการนำเทคโนโลยีมาใช้**

ข้อพิจารณาในการนำเทคโนโลยีนี้มาใช้ประกอบไปด้วย ขนาดของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากขนาดที่แตกต่างกัน ระยะเวลาทำความร้อนก็จะต่างกัน ประเภทของวัสดุผลิตภัณฑ์ ชนิดของวัสดุ รวมทั้งลักษณะของพื้นผิวจะมีการดูดซับรังสีอินฟราเรดที่แตกต่างกัน ช่วงความยาวคลื่น คุณสมบัติของรังสีอินฟราเรดจะแตกต่างกันตามช่วงความยาวคลื่นโดยคลื่นที่มีความยาวคลื่นสั้นจะมีประสิทธิภาพในการทะลุผ่านพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ได้มาก ในขณะที่คลื่นอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่นยาวจะทะลุผ่านผลิตภัณฑ์ได้น้อยกว่า ซึ่งจะเหมาะสมกับการให้ความร้อนเฉพาะบริเวณพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ เช่น การอบสี เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

### 2.1.5 แผงผลิตน้ำร้อนจากพลังงานจากแสงอาทิตย์ (Solar Collector)

แผงผลิตน้ำร้อนจากพลังงานจากแสงอาทิตย์ (Solar Collector) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเปลี่ยนรังสีแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานความร้อน ซึ่งทำหน้าที่ดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ เปลี่ยนเป็นความร้อน ถ่ายเทให้กับของไหลทำงานให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ 3 แบบคือ

1) แผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบรวมแสง (Focusing Solar Collector) เป็นแบบที่สามารถผลิตน้ำร้อนที่ให้อุณหภูมิสูงซึ่งจำแนกได้ตามชนิดของการรวมแสงแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ 1) การรวมแสงเป็นจุด (Point-focus Solar Collector) ได้แก่ ระบบรวมแสงเข้าหอรับแสง (Central Receivers Tower) และจานรวม

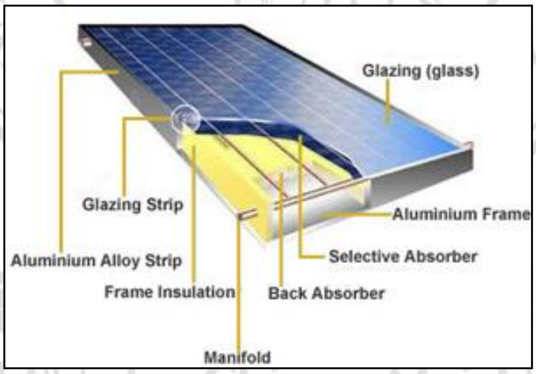
แสงเป็นจุด (Parabolic Dishes) 2) การรวมแสงเป็นเส้น (Line-focus Solar Collector) ได้แก่ เลนซ์สะท้อนรวมแสง (Fresnel Reflector) และจานรวมแสงเป็นเส้น (Parabolic Troughs)

แผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบรวมแสง มีการทำงานของอุปกรณ์ให้เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ ซึ่งจะมีผลทำให้แผ่นรับแสงสามารถรับแสงอาทิตย์ได้เต็มที่ตลอดเวลาช่วงกลางวันทำให้มีอุณหภูมิสูงมาก ดังตาราง 2.1

**ตารางที่ 2.1** ระดับอุณหภูมิที่ทำได้ของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบรวมแสง

| แบบแผ่นรับแสง | ระดับอุณหภูมิสูงสุดโดยประมาณ (องศาเซลเซียส) |
|---|---|
| 1. หอรับแสง (Central Receiver Tower) | 1,000 |
| 2. จานรวมแสงเป็นจุด (Parabolic Dish) | 1,500 |
| 3. เลนซ์สะท้อนรวมแสง (Fresnel Reflector) | 250 |
| 4.จานรวมแสงเป็นเส้น (Parabolic Troughs) | 300 |

2) แผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ (Flat Plate Solar Collector)




**รูปที่ 2.1** แสดงส่วนประกอบของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ

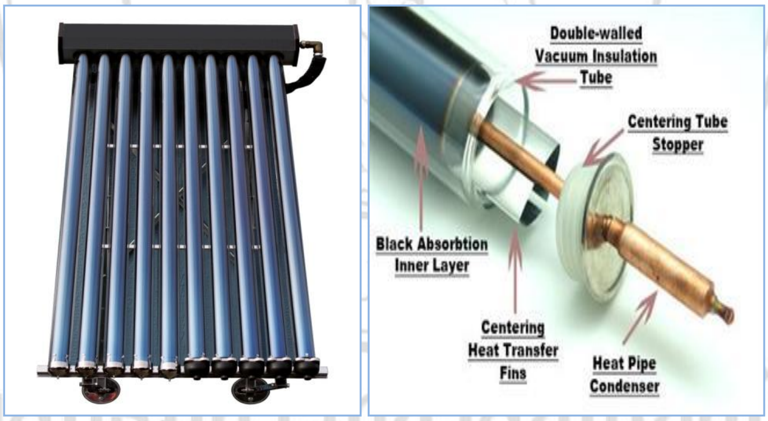
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ (Flat-Plate Solar Collector) เป็นแบบที่สามารถผลิตน้ำร้อนที่ให้อุณหภูมิต่ำแสดงดังตาราง 2.2 แผ่นรับแสงแบบแผ่นเรียบนี้จะไม่มีอุปกรณ์ให้เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ (Non-tracking Solar Collector) แสดงดังรูปที่ 2.1 ซึ่งมี 2 ชนิด ได้แก่ แผ่นรับแสงแบบแผ่นเรียบชนิดมีแผ่นปิดใส (Single Glazed) และแผ่นรับแสงแบบแผ่นเรียบชนิดไม่มีแผ่นปิด (Un glazed) เป็นต้น

**ตารางที่ 2.2** ระดับอุณหภูมิที่ทำได้ของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบและสระแสงอาทิตย์

| แบบแผ่นรับแสง | ระดับอุณหภูมิสูงสุดโดยประมาณ (องศาเซลเซียส) |
|---|---|
| 1. แผ่นเรียบชนิดมีแผ่นปิดใส (Single glazed) | 40 – 90 |
| 2. แผ่นเรียบชนิดไม่มีแผ่นปิด (Unglazed) | < 40 |
| 3. สระแสงอาทิตย์ชนิดตื้น (Shallow Solar Pond) | 40 – 60 |
| 4. สระแสงอาทิตย์ชนิดลึก (Deep or Salt Gradient Solar Pond) | 40 – 90 |
| 5. ท่อน้ำสุญญากาศ (Evacuated Tubular Collector) | 100 – 200 |

3) แผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศ (Evacuated Tube Solar Collector)




**รูปที่ 2.2** แสดงตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศและส่วนประกอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศ (Evacuated-Tube Solar Collector) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานความร้อนอีกชนิดหนึ่ง ที่มีลักษณะเป็นหลอดแก้วสองชั้น (ดังรูปที่ 2.2) ระหว่างชั้นเป็นสุญญากาศ ภายในจะเคลือบด้วยสารดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ เป็นตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงเหมาะกับการใช้งานที่ต้องการน้ำร้อนอุณหภูมิสูง โดยได้มีการเปรียบเทียบข้อดี และข้อด้อยของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบกับแบบหลอดแก้วสุญญากาศแสดงดังตาราง 2.3 และ 2.4

**ตารางที่ 2.3** เปรียบเทียบข้อดีของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบกับตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบหลอดแก้ว สุญญากาศ

| แผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ | แผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศ |
|---|---|
| 1. ราคาถูกกว่าแบบหลอดสุญญากาศ (ราคารวมค่าติดตั้งต่อตารางเมตรประมาณ 8,000 – 10,000บาท กรณีระบบใหญ่) | 1. ประสิทธิภาพสูงถึงแม้ว่าจะมีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิตัวดูดรังสีและอากาศแวดล้อมสูงมาก |
| 2. การติดตั้งทำได้หลายรูปแบบ | 2. ประสิทธิภาพสูงแม้ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ต่ำ |
| 3. ราคาต่อสมรรถนะการทำความร้อนสูง | 3. เหมาะกับการใช้งานอุณหภูมิสูง เช่น การผลิตไอน้ำ |
| 4. การประกอบ ติดตั้งทำได้ง่าย | 4. ขนส่งได้ง่ายกว่า เนื่องจากน้ำหนักเบา บางชนิดสามารถประกอบได้บริเวณพื้นที่ติดตั้งระบบ |
| | 5. สามารถปรับทิศทางการรับรังสีอาทิตย์ของแผ่นดูดรังสีภายในหลอดแก้วได้ |
| | 6. ติดตั้งได้หลายรูปแบบ เช่น แนวนอนราบกับพื้นหลังคา ช่วยลดแรงลมปะทะ และลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง |

**ตารางที่ 2.4** เปรียบเทียบข้อด้อยของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบกับแผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบ หลอดแก้วสุญญากาศ

| แผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ | แผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศ |
|---|---|
| 1. ประสิทธิภาพต่ำกว่าแบบหลอดสูญญากาศ (เนื่องจากมีค่าการสูญเสียความร้อนรวมที่สูงกว่า) | 1. ราคาสูงกว่าแบบแผ่นเรียบ (ราคารวมค่าติดตั้งต่อตารางเมตรประมาณ 10,000 – 12,000 บาท กรณีระบบใหญ่) |
| 2. ระบบ support การติดตั้งต้องเป็นลักษณะพื้นราบเรียบ | 2. ไม่สามารถติดตั้งแบบนอนราบได้กรณีเป็นแบบ Heat Pipe (ต้องมีมุมเอียงประมาณ 25°) |
| 3. ต้องการพื้นที่ติดตั้งมากกว่าแบบหลอดสุญญากาศ | 3. ไม่สามารถติดตั้งแบบเป็นส่วนหนึ่งของหลังคาได้ |
| 4. ไม่เหมาะกับการใช้งานอุณหภูมิสูง | |

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

### 2.1.6 ระบบผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์

ระบบผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ยังสามารถนำมาใช้ร่วมกับระบบผลิตน้ำร้อนจากเครื่องปรับอากาศ (Heat Recovery System) ระบบผลิตน้ำร้อนจากปล่องควันบอยเลอร์ (Economizer) เรียกว่าระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (Solar Hybrid System) ซึ่งเป็นระบบที่สามารถนำพลังงานฟรีจากแสงอาทิตย์มาใช้ร่วมกับพลังงานความร้อนเหลือทิ้งจากเครื่องปรับอากาศหรือบอยเลอร์จึงเป็นระบบที่มีระยะเวลาคืนทุนที่เร็วที่สุด ระบบดังกล่าวจึงได้รับการสนับสนุนเงินลงทุนให้กับสถานประกอบการที่ติดตั้งจาก กระทรวงพลังงานโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ภายใต้ชื่อโครงการส่งเสริมการใช้น้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบผสมผสานปี 2555 ระบบนี้จึงเป็นอีกทางเลือกเพื่อประหยัดพลังงานในการผลิตน้ำร้อนในโรงแรม, โรงงานอุตสาหกรรม, โรงเรียน, อพาร์ทเม้นท์, รีสอร์ท&สปาร์, ภัตตาคาร, ร้านเสริมสวย, บ้านพักอาศัย

เทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบ่งออกเป็น 3 ชนิด

1. ชนิดไหลเวียนตามธรรมชาติ (Thermosyphon System)

ชนิดไหลเวียนตามธรรมชาติ (Thermosiphon system) เป็นชนิดที่มีถังเก็บอยู่สูงกว่าแผงรับแสงอาทิตย์ ใช้หลักการหมุนเวียนตามธรรมชาติ เมื่อน้ำได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์จะมีความหนาแน่นน้อยลงจึงไหลขึ้นสู่ด้านบนของถังโดยน้ำเย็นจึงไหลเข้ามาแทนที่ เหมาะสำหรับการบ้านพักอาศัยหรือรีสอร์ท แสดงดังรูปที่ 2.3

**รูปที่ 2.3** เทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดไหลเวียนตามธรรมชาติ

2. ชนิดใช้ปั๊มน้ำหมุนเวียน (Force circulation)

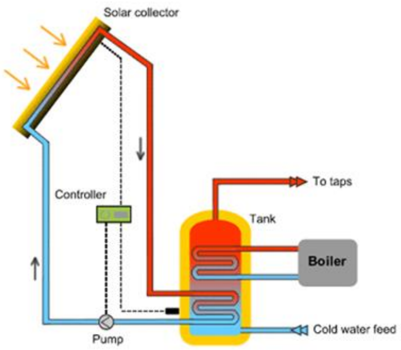
ชนิดใช้ปั๊มน้ำหมุนเวียน (Force circulation) เหมาะสำหรับการใช้ผลิตน้ำร้อนที่มีความต้องการใช้งานปริมาณมาก และมีการใช้อย่างต่อเนื่อง เช่น โรงแรม โรงพยาบาล และอุตสาหกรรมบางประเภท ดังรูปที่ 2.4

**รูปที่ 2.4** เทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดใช้ปั๊มน้ำหมุนเวียน

3. ระบบผสมผสาน (Solar Hybrid System)

ระบบผสมผสาน ได้แก่ ระบบผลิตน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์แบบผสมผสานซึ่งเป็นการนำเทคโนโลยีการผลิตน้ำร้อนแสงอาทิตย์มาผสมผสานกับความร้อนเหลือทิ้งจากแหล่งต่างๆเช่น การนำความร้อนจากการระบายความร้อนทิ้งของเครื่องทำความเย็นหรือเครื่องปรับอากาศมาใช้งาน (Heat Recovery System) การนำความร้อนจากปล่องควัน Boiler มาใช้งาน (Economizer System) โดยทั้ง 2 ระบบสามารถนำมาใช้ร่วมกับระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อลดขนาดพื้นที่แผงรับรังสีความร้อนอีกทั้งยังเป็นการลดปริมาณพลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานเชิงพาณิชย์ในการผลิตน้ำร้อนได้อีกด้วยซึ่งจะช่วยลดภาวะโลกร้อนได้อีกทาง แสดงดังรูป 2.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



**รูปที่ 2.5** เทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดระบบผสมผสาน

เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ มีข้อดี ดังนี้

- ให้ผลตอบแทนอย่างคุ้มค่า เพียงลงทุนครั้งเดียว สามารถใช้น้ำร้อนได้ฟรีทั่วทุกจุด ตามความต้องการ

- ใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ ลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและสามารถลดค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้าจากการใช้น้ำร้อนทุกจุดภายในบ้าน อีกทั้งสามารถเก็บน้ำร้อนได้เกิน 3 วัน ในกรณีที่ไม่มีแดด ด้วยกรรมวิธีการผลิตที่เราเลือกใช้วัสดุสแตนเลสทั้งเครื่องเพื่อทำให้อายุการใช้งานยาวนานมากกว่าวัสดุอื่น

- สามารถทำให้น้ำร้อนมีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 55 - 60 องศาเซลเซียส หรือมากกว่าตามสภาพอากาศ

- ลดการใช้ไฟฟ้าและทรัพยากรธรรมชาติอย่างเช่นน้ำมันและแก๊ส อีกทั้งยังช่วยลดปรากฏการณ์ภาวะเรือนกระจก (Green House Effect) ที่ทำลายชั้นบรรยากาศของโลก

### 2.1.7 ตัวชี้วัดผลการดำเนินงานขององค์กรด้านการผลิต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ประสิทธิภาพ (Efficiency)** หมายถึง การใช้ทรัพยากรต่างๆ อย่างคุ้มค่าโดยไม่เกิดความสูญเปล่าหรือความสูญเสีย ซึ่งทรัพยากรเหล่านี้ คือ ปัจจัยการผลิต ได้แก่ วัตถุดิบ แรงงาน เครื่องจักรและเงินลงทุน การวัดประสิทธิภาพคำนวณได้จากสัดส่วนของปัจจัยการผลิตที่ใช้จริงในกระบวนการเทียบกับปัจจัยการผลิตตามมาตรฐาน หน่วยวัดเป็นเปอร์เซ็นต์

**ประสิทธิผล (Effectiveness)** หมายถึง ระดับความสำเร็จในการบรรลุวัตถุประสงค์หรือเป้าหมาย โดยมุ่งเน้นที่ผลงานหรือผลผลิต (Output) แต่ไม่เน้นในเรื่องการใช้ทรัพยากรหรือปัจจัยการผลิต

**การเพิ่มผลผลิต (Productivity)** หมายถึง การเพิ่มปริมาณการผลิต การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต เป็นต้น คำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างมูลค่าของสินค้าและบริการที่ผลิตต่อมูลค่าของทรัพยากรที่ใช้ไปในการผลิต หรืออีกนัยหนึ่งคือ การเพิ่มผลผลิต คำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างผลผลิต (Output) เทียบกับปัจจัยการผลิต (Input) วิธีการเพิ่มผลผลิตสามารถทำได้ 5 แนวทาง คือ

1) ผลผลิตเพิ่มแต่ปัจจัยการผลิตเท่าเดิม
2) ผลผลิตเพิ่มและปัจจัยการผลิตลดลง
3) ผลผลิตเท่าเดิมแต่ปัจจัยการผลิตลดลง
4) ผลผลิตเพิ่มและปัจจัยการผลิตเพิ่ม โดยการเพิ่มของปัจจัยการผลิตมีในอัตราที่ต่ำกว่าอัตราการเพิ่มของผลผลิต
5) ผลผลิตลดลงและปัจจัยการผลิตลดลง โดยการลดของปัจจัยการผลิตมีในอัตราที่สูงกว่าอัตราการลดของผลผลิต

**คุณภาพ (Quality)** หมายถึง คุณลักษณะและรูปร่างทั้งหมดของผลิตภัณฑ์หรือบริการซึ่งสร้างความพอใจแก่ลูกค้า การใช้ผลิตภัณฑ์หรือบริการได้อย่างเหมาะสม มีคุณค่าต่อผู้บริโภค คุณภาพจะถูกตัดสินผ่านมุมมองของลูกค้า

การผลิตเป็นกระบวนการแปรสภาพวัตถุดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้โดยเป้าหมายที่จะใช้ปัจจัยการผลิตให้เกิดประโยชน์สูงสุดและคุ้มค่ามากที่สุด ดังนั้นองค์การจึงจำเป็นต้องมีการวัดผลเพื่อนำไปสู่การวางแผนการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

สุวรรณ สุทธิขจรกิจ (2549) ได้รวบรวมดัชนีชี้วัดผลการดำเนินงาน ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ระดับ คือ ระดับองค์การ ระดับหน่วยงาน และระดับตำแหน่งงาน โดยตัวอย่างของดัชนีวัดผลการดำเนินงานแสดงดังตารางที่ 2.5 - 2.7

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ตารางที่ 2.5** ดัชนีชี้วัดผลการดำเนินงานระดับองค์การ

| | |
|---|---|
| 1. ต้นทุนการผลิต | 2. งานระหว่างกระบวนการ |
| 3. ต้นทุนทางด้านแรงงาน | 4. จำนวนการร้องเรียนของลูกค้า |
| 5. การเพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบ | 6. จำนวนครั้งที่เกิดอุบัติเหตุ |
| 7. อัตราการเพิ่มผลผลิตของแรงงาน | |

**ตารางที่ 2.6** ดัชนีชี้วัดผลการดำเนินงานระดับหน่วยงาน

| | |
|---|---|
| 1. ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) | 2. อัตราการเพิ่มผลผลิตของเวลา |
| 3. อัตราการเพิ่มผลผลิตของแรงงาน | 4. ต้นทุนการผลิต |
| 5. ต้นทุนเครื่องมือ | 6. ค่าใช้จ่ายทางด้านวัสดุ |
| 7. ค่าทำงานล่วงเวลา | 8. จำนวนการร้องเรียนของลูกค้า |
| 9. การประหยัดแรงงาน | 10. ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา |
| 11. ค่าใช้จ่ายในจิกซ์และฟิกเจอร์ | 12. ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน |
| 13. การเกิดอุบัติเหตุ | 14. ผลจากการปรับปรุงเฉพาะเรื่อง |
| 15. อัตราการใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบ | 16. จำนวนข้อเสนอแนะ |

**ตารางที่ 2.7** ดัชนีชี้วัดผลการดำเนินงานระดับตำแหน่งงาน

| | |
|---|---|
| 1. จำนวนการหยุดของเครื่องจักร | 2. จำนวนของเสีย |
| 3. การลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักร | 4. การใช้เวลาในการผลิตลดลง |
| 5. จำนวนเครื่องจักรเสีย | 6. การเพิ่มความเร็วในการผลิต |
| 7. จำนวนการเปลี่ยนเครื่องมือ | 8. อัตราส่วนของดี |
| 9. ช่วงเวลาเริ่มเดินเครื่อง (Start-up) | 10. การประหยัดแรงงาน |
| 11. จำนวนครั้งการหยุดเล็กน้อย | 12. การลดจำนวนชั่วโมงแรงงาน |
| 13. จำนวนครั้งการเสียความเร็ว | 14. จำนวนข้อเสนอแนะ |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

### 2.1.8 การวิเคราะห์ทางการเงิน

**ต้นทุนการผลิต**

การผลิตเป็นกระบวนการแปรรูปวัตถุดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์หรือสินค้าสำเร็จรูปเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค โดยใช้ทรัพยากรต่างๆ ที่เรียกว่าปัจจัยการผลิต ในทางเศรษฐศาสตร์แบ่งปัจจัยการผลิตเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1) ที่ดิน (Land) หมายถึง พื้นที่หรือสถานที่ซึ่งใช้เป็นที่ตั้งของโรงงาน อาคารที่ทำการผลิต รวมถึงทรัพยากรที่อยู่ในดิน โดยให้ผลตอบแทนของที่ดินในรูปแบบของ ค่าเช่า (Rent)

2) แรงงาน (Labor) หมายถึง การทำงานทุกชนิดของมนุษย์ทั้งที่ใช้แรงงาน กำลังความคิด ความสามารถ ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์ในการผลิตสินค้าและบริการ โดยมีผลตอบแทนคือ ค่าจ้าง (Wage or Salary)

3) ทุน (Capital) หมายถึง สิ่งอำนวยความสะดวกในการผลิต โดยผลตอบแทนจากทุน คือ ดอกเบี้ย (Interest) สามารถแบ่งทุนออกเป็น 2 ประเภท คือ

เงินทุน (Money Capital) หมายถึง จำนวนเงินที่ผู้ผลิตแต่ละรายนำมาใช้เพื่อซื้อปัจจัยการผลิตอื่นๆ เพื่อใช้ในการผลิตสินค้าและบริการ เช่น ใช้เป็นค่าเช่าที่ดิน ค่าจ้างคนงานในการผลิตสินค้าและบริการ เป็นต้น

สินค้าประเภททุน (Capital Goods) คือ เครื่องมือเครื่องจักรที่สร้างขึ้นเพื่อช่วยในการผลิต เช่น อาคาร โรงงาน เครื่องจักร เครื่องมือขนาดใหญ่ ที่มนุษย์นำมาใช้ในการผลิตสินค้าหรือบริการ และทุนดำเนินการซึ่งเป็นสิ่งที่ใช้หมดไป เช่น น้ำมันเชื้อเพลิง กระดาษ ปากกา ดินสอ วัตถุดิบต่างๆ เป็นต้น

4) ผู้ประกอบการ (Entrepreneurship) หมายถึง บุคคลหรือคณะบุคคลที่นำปัจจัยการผลิตต่างๆ มาดำเนินการผลิตให้มีประสิทธิภาพที่สุด โดยใช้การบริหารอย่างมีหลักการ มีการตัดสินใจจากข้อมูลหรือจากเกณฑ์มาตรฐานอย่างรอบคอบ รวมถึงความรับผิดชอบ ซึ่งผู้ประกอบการจะเป็นผู้รับความเสี่ยงต่อผลได้หรือผลเสียที่เกิดจากการตัดสินใจนั้น ผลตอบแทนที่ได้ คือ กำไร (Profit)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ (Economic cost)** คือ ค่าตอบแทนปัจจัยการผลิตทั้งหมด รวมกำไรปกติ ที่ผู้ประกอบการได้รับทั้งที่จ่ายเป็นตัวเงินหรือเป็นสิ่งของ หรือที่ไม่ได้จ่าย ซึ่งต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ประกอบด้วย ต้นทุนชัดแจ้ง (Explicit cost) และต้นทุนแฝง (Implicit cost)

*ต้นทุนชัดแจ้ง (Explicit Cost)* หมายถึง ต้นทุนหรือรายจ่ายที่เห็นชัดเจนว่ามีการจ่ายออกไปเป็นตัวเงินและสามารถบันทึกลงในบัญชีได้ เช่น ค่าแรงงาน ค่าวัตถุดิบ ค่าเช่า ค่าขนส่ง ดอกเบี้ย ค่าโฆษณา เป็นต้น

*ต้นทุนแฝง (Implicit Cost)* หมายถึง ต้นทุนหรือรายจ่ายที่มองไม่ชัดเจนว่ามีการจ่ายจริง หรือเป็นค่าใช้จ่ายที่ไม่ได้จ่ายออกไปเป็นเงินจริง แต่ผู้ประกอบการต้องประเมินเพราะเป็นค่าเสียโอกาสที่จะใช้ปัจจัยการผลิตไปทำประโยชน์อื่น เรียกว่า “ต้นทุนค่าเสียโอกาส (Opportunity Cost)” เช่น ค่าจ้างตัวเอง หรือค่าเช่าอาคารของตนเอง สิ่งเหล่านี้ถือเป็นต้นทุนการผลิตเพราะเจ้าของปัจจัยการผลิตเสียโอกาสได้รับผลตอบแทน

**ต้นทุนการผลิต (Production cost)** หมายถึง ค่าใช้จ่ายหรือรายจ่ายที่ใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งมาจากปัจจัยการผลิต สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก คือ ต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร

*ต้นทุนคงที่ (Fixed cost - FC)* หมายถึง ค่าใช้จ่ายหรือรายจ่ายในการผลิตที่เกิดจากการใช้ปัจจัยคงที่ เป็นค่าใช้จ่ายที่ตายตัวไม่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณการผลิต กล่าวคือ ไม่ว่าจะผลิตปริมาณมาก ปริมาณน้อย หรือไม่ผลิตเลย ก็จะเสียค่าใช้จ่ายในจำนวนคงที่ เช่น ค่าใช้จ่ายในการลงทุนซื้อที่ดิน ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างอาคารสำนักงานโรงงาน ค่าเช่าที่ดิน เป็นต้น

*ต้นทุนผันแปร (Variable cost - VC)* หมายถึง ค่าใช้จ่ายหรือรายจ่ายในการผลิตที่เกิดจากการใช้ปัจจัยผันแปร หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งได้ว่าต้นทุนผันแปรเป็นค่าใช้จ่ายหรือรายจ่ายที่ขึ้นอยู่กับปริมาณของผลผลิต กล่าวคือ ถ้าผลิตปริมาณมากก็จะเสียต้นทุนมาก ถ้าผลิตปริมาณน้อยก็จะเสียต้นทุนน้อย และจะไม่ต้องจ่ายเลยถ้าไม่มีการผลิต เช่น ค่าแรงงาน ค่าวัตถุดิบ ค่าขนส่ง ค่าน้ำประปา ค่าไฟฟ้า เป็นต้น

องค์ประกอบของต้นทุนการผลิต ประกอบด้วย ค่าวัตถุดิบทางตรง ค่าแรงงานทางตรง และค่าใช้จ่ายในการผลิต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

*ค่าวัตถุดิบทางตรง (Direct material)* หมายถึง ค่าใช้จ่ายสำหรับวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสินค้านั้นโดยตรง และสามารถบ่งบอกได้ชัดเจนว่าเป็นส่วนสำคัญของการผลิตสินค้า วัตถุดิบทางตรงจะรวมถึงชิ้นส่วนประกอบ ซึ่งจะถูกประกอบขึ้นเป็นผลิตภัณฑ์ วัตถุดิบทั้งหมดที่ใช้ในกระบวนการผลิตไม่จำเป็นต้องเป็นวัตถุดิบทางตรงทั้งหมด กรณีที่วัตถุดิบนั้นที่มีต้นทุนเพียงเล็กน้อย และไม่สามารถระบุเจาะจงลงไปได้ว่าเป็นส่วนสำคัญของผลิตภัณฑ์ วัตถุดิบเหล่านี้จะถูกจัดเป็นวัตถุดิบทางอ้อม (Indirect material) และจะถูกรวมเป็นส่วนหนึ่งของค่าใช้จ่ายในการผลิต

*ค่าแรงทางตรง (Direct labor cost)* หมายถึง ค่าแรงของคนงานทั้งหมดที่ทำงานในการผลิตสินค้าโดยตรง ค่าจ้างของพนักงานในกระบวนการผลิตแต่ไม่ได้ทำการผลิตสินค้าโดยตรงไม่ถือเป็นค่าแรงทางตรง จึงถูกจัดประเภทเป็นค่าแรงทางอ้อม (Indirect labor) และรวมเป็นค่าใช้จ่ายในการผลิต

*ค่าใช้จ่ายในการผลิต (Operating cost)* หมายถึง ต้นทุนในการผลิตส่วนอื่นๆ นอกเหนือจากค่าใช้จ่ายวัตถุดิบทางตรง หรือค่าแรงทางตรง โดยทั่วไปค่าใช้จ่ายในการผลิตจะรวมถึงวัตถุดิบทางอ้อม ค่าแรงทางอ้อม ค่าสาธารณูปโภค ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษาอุปกรณ์ภายในโรงงาน ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร อาคาร และอุปกรณ์ของโรงงาน ค่าภาษีโรงเรือนอาคารโรงงาน ค่าประกันภัยของเครื่องจักร อุปกรณ์ และอาคารโรงงาน และค่าเช่าอาคารโรงงานหรือเครื่องจักร เป็นต้น

**สินค้าคงคลัง (Inventory)** ถือเป็นต้นทุนอย่างหนึ่งในการผลิต ซึ่งสามารถแบ่งรูปแบบของสินค้าคงคลังเป็น 3 แบบ คือ วัตถุดิบคงคลัง สินค้าคงคลังระหว่างทำ และสินค้าสำเร็จรูป

*วัตถุดิบ* (Raw Materials) หมายถึง ต้นทุนของวัตถุดิบที่มีอยู่ในมือ และเพื่อนำไปใช้ในการผลิต ในบางครั้งวัตถุดิบของการผลิตใดๆ อาจถือเป็นสินค้าสำเร็จรูปของการผลิตอันอื่นๆได้

*สินค้าคงคลังระหว่างทำ* (Work in Process: WIP) หมายถึง ต้นทุนของสินค้าที่อยู่ในกระบวนการผลิต ซึ่งยังผลิตไม่เสร็จเป็นสินค้าสำเร็จรูป

*สินค้าสำเร็จรูป* (Finished Goods) หมายถึง ต้นทุนของสินค้าที่ผลิตเสร็จสมบูรณ์แล้วและพร้อมที่จะนำออกจำหน่าย โดยจะแสดงถึงมูลค่าที่สมบูรณ์ของสินค้าที่อยู่ในมือ ณ วันสิ้นงวดในต้นทุนทางบัญชี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**การวิเคราะห์ต้นทุนในระยะสั้นและต้นทุนระยะยาว**

**การผลิตระยะสั้น (Short-Run production)** ประกอบด้วย ต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผัน สามารถจำแนกออกเป็น ต้นทุนรวม ต้นทุนรวมเฉลี่ย และต้นทุนเพิ่ม

*ต้นทุนรวม (Total Cost - TC)* หมายถึง ต้นทุนที่ประกอบด้วยต้นทุนคงที่รวม และต้นทุนแปรผันรวม ต้นทุนรวมคำนวณได้ตามสมการที่ (1) ด้านล่างนี้

$$TC = TFC + TVC \qquad ___ (1)$$

*ต้นทุนรวมเฉลี่ยต่อผลผลิตหนึ่งหน่วย (Average Cost - AC)* ได้แก่ ต้นทุนรวมหารด้วยจำนวนผลผลิตหรือเท่ากับผลรวมของต้นทุนคงที่เฉลี่ยและต้นทุนแปรผันเฉลี่ย ต้นทุนรวมเฉลี่ยต่อผลผลิตหนึ่งหน่วย แสดงดังสมการที่ (2) ต่อไปนี้

$$AC = \frac{TC}{Q} \qquad ___ \ (2)$$

นอกจากนี้ยังสามารถหาได้จากสมการที่ (3)

$$AC = AFC + AVC \qquad ___ \ (3)$$

ต้นทุนคงที่เฉลี่ย (Average Fixed Cost - AFC) เป็นต้นทุนคงที่ทั้งหมดเฉลี่ยต่อปริมาณผลผลิต 1 หน่วย แสดงดังสมการที่ (4)

$$AFC = \frac{TFC}{Q} \qquad ___ \ (4)$$

ต้นทุนผันแปรเฉลี่ย (Average Variable Cost - AVC) เป็นต้นทุนผันแปรทั้งหมดเฉลี่ยต่อปริมาณผลผลิต 1 หน่วย แสดงดังสมการที่ (5)

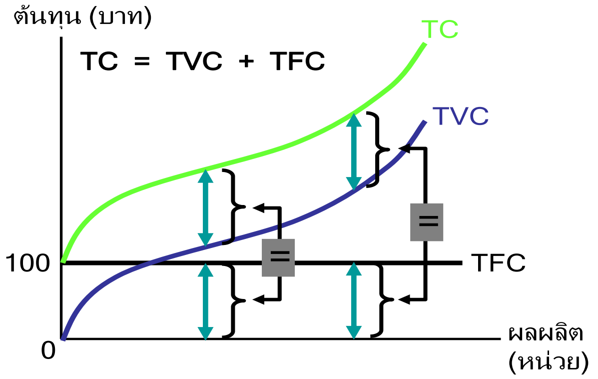
$$AVC = \frac{TVC}{Q} \qquad ___ \ (5)$$

*ต้นทุนเพิ่มหรือต้นทุนส่วนเพิ่ม (Marginal Cost - MC)* คือต้นทุนที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง อันเนื่องจากผลผลิตเพิ่มขึ้นหรือลดลงหนึ่งหน่วย ต้นทุนเพิ่มเป็นหัวใจของการวิเคราะห์ต้นทุน ในทางเศรษฐศาสตร์มักคำนึงถึงผลที่เกิดขึ้นระหว่างหน่วยต่อหน่วยของผลผลิตหรือปัจจัยการผลิตเป็นสำคัญ แสดงดังสมการที่ (6)

$$MC = \frac{\Delta TC}{\Delta Q} \qquad ___ \ (6)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความสัมพันธ์ของต้นทุนประเภทต่างๆ ในการผลิตระยะสั้น แสดงได้ดังรูปที่ 2.6




**รูปที่ 2.6** เส้นต้นทุนรวม ต้นทุนผันแปร และต้นทุนคงที่

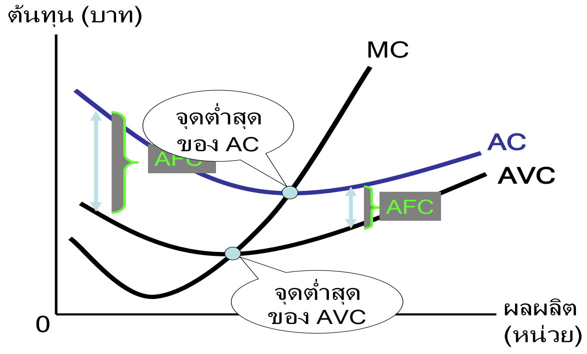
**ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนผันแปรเฉลี่ยกับต้นทุนเพิ่มและต้นทุนเพิ่มกับต้นทุนเฉลี่ย**

ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนผันแปรเฉลี่ย (AVC) กับต้นทุนเพิ่ม (MC) มีดังนี้ เมื่อ MC มีค่าน้อยกว่า AVC พบว่า AVC จะมีค่าลดลงเมื่อผู้ผลิตขยายการผลิตออกไป หาก MC มีค่ามากกว่า AVC พบว่า AVC จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อผู้ผลิตขยายการผลิตออกไป และ MC จะมีค่าเท่ากับ AVC ณ จุดที่ AVC มีค่าต่ำสุด

ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนเพิ่ม (MC) กับต้นทุนเฉลี่ย (AC) มีดังนี้ เมื่อ MC มีค่าน้อยกว่า AC พบว่า AC จะมีค่าลดลงเมื่อผู้ผลิตขยายการผลิตออกไป เมื่อ MC มีค่ามากกว่า AC พบว่า AC จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อผู้ผลิตขยายการผลิตออกไป และ MC จะมีค่าเท่ากับ AC ณ จุดที่ AC มีค่าต่ำสุด

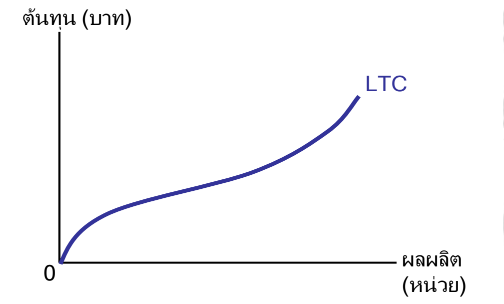
รูปที่ 2.7 พบว่าในระยะสั้นถ้าต้องการให้ได้กำไรสูงสุด ผู้ผลิตอาจต้องผลิต ณ ต้นทุนเฉลี่ยไม่ใช่จุดต่ำสุดเป็นการชั่วคราว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved




**รูปที่ 2.7** เส้นต้นทุนการผลิตระยะสั้นประเภทต่างๆ

**การผลิตในระยะยาว (Long – Run production)** เป็นการผลิตในระยะเวลาที่ผู้ผลิตสามารถเปลี่ยนแปลงปัจจัยการผลิตทุกชนิดได้ตามต้องการ ดังนั้น การผลิตในระยะยาวปัจจัยการผลิตทุกชนิดจะเป็นปัจจัยผันแปร ต้นทุนการผลิตในระยะยาวจะประกอบด้วยต้นทุนผันแปรเพียงอย่างเดียว โดยในระยะยาวผู้ผลิตสามารถปรับปรุงขนาดของโรงงานให้เหมาะสมกับระดับผลผลิตได้ ดังนั้น จึงสามารถเลือกขนาดของโรงงานที่เสียต้นทุนเฉลี่ยต่ำสุดโดยใช้วิธีการสร้างโรงงานใหม่ให้ใหญ่กว่าเดิมหรือสร้างเพิ่มเติมจากโรงงานเดิม

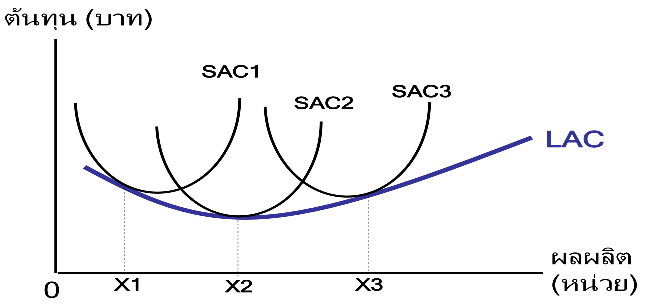



**รูปที่ 2.8** เส้นต้นทุนเฉลี่ยระยะยาว

รูปที่ 2.8 เป็นตัวอย่างของกำลังการผลิต 3 ขนาด แต่ละขนาดเหมาะสมสำหรับการผลิตระดับต่างๆ และแต่ละโรงงานมีต้นทุนเฉลี่ยระยะสั้น (Short-Run Average Cost : SAC) ที่ต่างกันคือ SAC1 SAC2 และ SAC3 ตามลำดับ

ในระยะยาวขนาดของโรงงานที่เหมาะสมในการผลิตจะพิจารณาจากปริมาณผลผลิตที่ต้องการคือ ถ้าต้องจำนวนผลผลิต OX1 ต้องสร้างโรงงานที่มีขนาดของต้นทุน SAC1 เพราะจะเสียค่าใช้จ่ายต่ำกว่าการใช้โรงงานในขนาดอื่นๆ เป็นต้น จะเห็นได้ว่าในโรงงานขนาดต่างๆ นั้นจะมีอยู่ขนาดหนึ่งซึ่งเหมาะสมที่สุด (Optimum Scale of Plant) คือ เสียต้นทุนเฉลี่ยต่อหน่วยต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับโรงงานในขนาดต่างๆ ขนาดของโรงงานขนาดที่เหมาะสมนี้จะอยู่ ณ จุดต่ำสุดของเส้น SAC ที่สัมผัสกับจุดต่ำสุดของเส้น LAC ดังนั้น โรงงานที่มีต้นทุน SAC2 ผลผลิตที่เหมาะสม (Optimum Output) คือ OX2 หรือเส้นต้นทุนเฉลี่ยในระยะยาว (LAC) ได้มาจากเส้น SAC ของโรงงานขนาดต่างๆ แต่อย่างไรก็ตาม ผู้ผลิตไม่จำเป็นจะต้องสร้างโรงงานที่มีขนาดเหมาะสมที่สุดและทำการผลิต ณ ระดับที่เหมาะสม (Optimum Output) นั้น ยกเว้นในกรณีที่มีการแข่งขันสมบูรณ์ (Perfect Competition) แสดงดังรูปที่ 2.9

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved




**รูปที่ 2.9** เส้นกราฟต้นทุนการผลิตเฉลี่ยระยะยาว

**การคำนวณผลตอบแทน**

*รายรับจากการผลิต (Revenues)* การที่ผู้ผลิตจะเปลี่ยนแปลงการผลิตหรือไม่นั้นจะพิจารณา จากผลการดำเนินการ ถ้าผลการดำเนินการได้รับกำไรก็จะขยายการผลิต ผลการดำเนินการเป็นการเปรียบเทียบระหว่างต้นทุนและรายรับจากการผลิต

*รายรับจากการผลิต (Revenues)* คือ รายได้ที่ผู้ผลิตได้รับจากการขายผลผลิตในราคาที่กำหนด ซึ่งถ้าราคาสินค้าสูงขึ้นจำนวนสินค้าที่ขายได้มีปริมาณลดลง รายได้จากการผลิตจะลดลงด้วย และเนื่องจากราคาของสินค้าในแต่ละระดับคือ รายรับของผู้ผลิตจากการขายสินค้านั้นๆ ดังนั้น ราคาต่อหน่วยสินค้า ณ ระดับการขายจะเท่ากับรายรับเฉลี่ย (Average Revenue - AR) ของผู้ผลิต ณ ระดับการขายนั่นเอง

*รายรับรวม (Total Revenue - TR)* หมายถึง รายรับทั้งหมดที่ผู้ผลิตได้รับจากการขายสินค้า รายรับรวมหาได้จากสมการที่ (7)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$TR = r \times Q \qquad ___ (7)$$

โดยที่ r = ราคาสินค้าต่อหน่วย

Q = ปริมาณสินค้าที่ขายได้

*รายรับเฉลี่ย (Average Revenues - AR)* หมายถึง รายรับรวมเฉลี่ยต่อจำนวนสินค้าทั้งหมดที่ขายได้ รายรับเฉลี่ยหาได้จากสมการที่ (8)

$$AR = \frac{TR}{Q} \qquad ___ (8)$$

*รายรับเพิ่ม (Marginal Revenue - MR)* หมายถึง รายรับรวมที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อขายสินค้าเปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย รายรับเพิ่มหาได้จากสมการที่ (9)

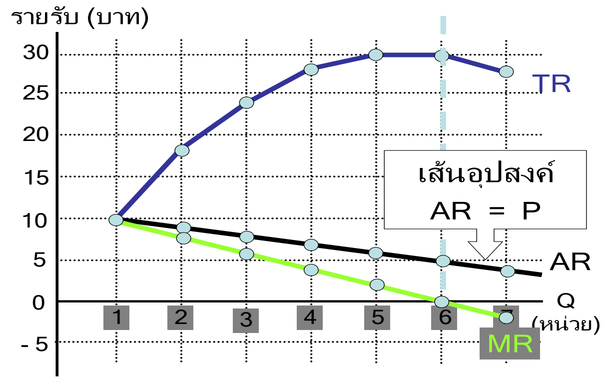
$$MR = \frac{\Delta TR}{\Delta Q} \qquad ___ (9)$$

โดยที่ $\Delta TR$ = ส่วนเปลี่ยนแปลงของรายรับรวม

$\Delta Q$ = ส่วนเปลี่ยนแปลงของจำนวนสินค้าที่ขายได้

**ความสัมพันธ์ระหว่างรายรับรวม รายรับเฉลี่ย และรายรับเพิ่ม**

ความสัมพันธ์ระหว่างรายรับรวม (TR) รายรับเฉลี่ย (AR) และรายรับเพิ่ม (MR) สามารถสรุปได้ดังนี้ รายรับเฉลี่ยจะมีค่าลดลงเมื่อขายสินค้าได้เพิ่มขึ้นและมีค่ามากกว่ารายรับเพิ่มเสมอไม่ว่าจะขายสินค้าได้จำนวนเท่าใด ในขณะที่ถ้ารายรับเพิ่มมีค่าเป็นบวก รายรับรวมจะเพิ่มขึ้นเมื่อขายสินค้าได้เพิ่มขึ้น รายรับรวมจะมีค่าสูงสุดเมื่อรายรับเพิ่มมีค่าเป็นศูนย์ รายรับรวมจะมีค่าลดลงถึง แม้ว่าจะขายสินค้าได้เพิ่มขึ้นเมื่อรายรับเพิ่มมีค่าเป็นลบ ในขณะที่รายรับรวมมีค่าเพิ่มขึ้น รายรับเฉลี่ยและรายรับเพิ่มจะมีค่าลดลง แสดงดังรูปที่ 2.10




**รูปที่ 2.10** เส้นรายรับรวม รายรับเฉลี่ย และรายรับเพิ่ม

*กำไร (Profit - P)* หมายถึง ผลต่างระหว่างต้นทุนการผลิตทั้งหมด (Total Cost) กับรายรับจากการขายผลผลิตทั้งหมด (Total Revenue) เขียนเป็นสมการที่ (10) ได้ดังนี้

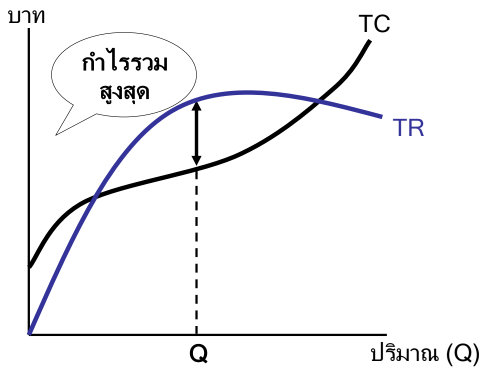
$$P = TR - TC \qquad \text{___ (10)}$$

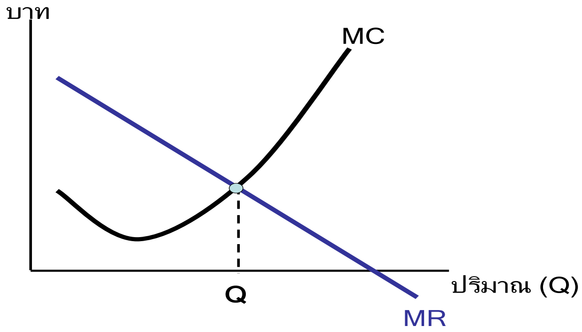
โดยที่ P = กำไร

TR = รายรับจากการขายผลผลิตทั้งหมด (Total Revenue)

TC = ต้นทุนจากการผลิตทั้งหมด (Total Cost)

ต้นทุนในทางเศรษฐศาสตร์จะคำนวณจากรายจ่ายทั้งที่ได้จ่ายจริงและไม่จ่ายจริง หรือรวมต้นทุนค่าเสียโอกาส (Opportunity Cost) ไว้ด้วยจึงสูงกว่าต้นทุนทางบัญชี หรือในทางเศรษฐศาสตร์ได้รวมกำไรปกติ (Normal Profit) ไว้ในต้นทุนการผลิตด้วย ดังนั้น สามารถสรุปความสัมพันธ์ของรายรับรวม (TR) และต้นทุนรวม (TC) ได้ดังนี้ ถ้ารายรับรวม (TR) มีค่าเท่ากับต้นทุนรวม (TC) ผู้ผลิตจะได้รับกำไรปกติ (Normal Profit) แต่ถ้ารายรับรวม (TR) มีค่ามากกว่าต้นทุนรวม (TC) ผู้ผลิตจะได้รับกำไรเกินปกติหรือกำไรส่วนเกิน (Excess Profit) แสดงดังรูปที่ 2.11




**รูปที่ 2.11** ปริมาณการผลิตที่จะให้กำไรสูงสุด (Economics of Scale)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการผลิตทั่วไป ผู้ผลิตย่อมต้องการได้รับกำไรสูงสุด (Maximized Profit) จากการผลิต การที่จะได้รับกำไรสูงสุดจากการผลิตมีวิธีพิจารณา 2 วิธี คือ

1) เปรียบเทียบระหว่างค่ารายรับรวม (TR) และค่าต้นทุนรวม (TC) ทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการผลิต ปริมาณการผลิตที่จะให้กำไรสูงสุดคือ ปริมาณการผลิตที่ทำให้ค่ารายรับรวม (TR) มากกว่าค่าต้นทุนรวม (TC) มากที่สุด

2) เปรียบเทียบจากค่ารายรับเพิ่ม (MR) และค่าต้นทุนเพิ่ม (MC) โดยตราบใดที่รายรับเพิ่ม (MR) มากกว่าต้นทุนเพิ่ม (MC) ผู้ผลิตจะสามารถขยายการผลิตออกไปได้จนถึงจุดที่มีค่าเท่ากันเพราะจะได้รับกำไรเพิ่มขึ้นจากการขยายการผลิตนั้น

**การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (Break Even) และระยะเวลาการคืนทุน (Payback Period)**

การวิเคราะห์เพื่อการตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการต่างๆ หากต้องการทราบว่าขนาดการผลิตที่ต้องผลิตแล้วจะคุ้มต่อการลงทุน ที่เรียกว่า จุดคุ้มทุน (Breakeven point) คือ จุดที่รายได้กับรายจ่ายมีค่าเท่ากัน ซึ่งเป็นจุดตัดระหว่างเส้นรายได้กับเส้นต้นทุนนั่นเอง แสดงดังรูปที่ 2.12 ที่จุดนี้กำไรจะมีค่าเป็นศูนย์ เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของต้นทุน รายได้และผลกำไรที่ปริมาณการผลิตต่างๆ (ไพบูลย์ แย้มเพื่อน, 2549) โดยการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนจะทำให้ทราบว่าผู้ผลิตควรต้องผลิตหรือขายสินค้าเป็นปริมาณเท่าใดจึงจะคุ้มค่าต่อค่าใช้จ่ายหรือเงินที่ลงทุนไป ถ้าค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนต่ำ จุดคุ้มทุนก็จะต่ำด้วย และหากกำไรเพิ่มขึ้นก็จะมีผลให้จุดคุ้มทุนต่ำลงเช่นเดียวกัน (มนวิภา อาวิพันธ์, 2549)

จากสมการที่ (1), (7) และ (10) จะได้สมการที่ (11) ว่า

$$P = (r \times Q) - (TFC + TVC) \qquad ___ (11)$$

ปริมาณการผลิตที่ทำให้ให้กำไร P บาท สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (12)

$$Q_{Profit} = \frac{[TFC+P]}{(r-v)} \qquad ___ (12)$$

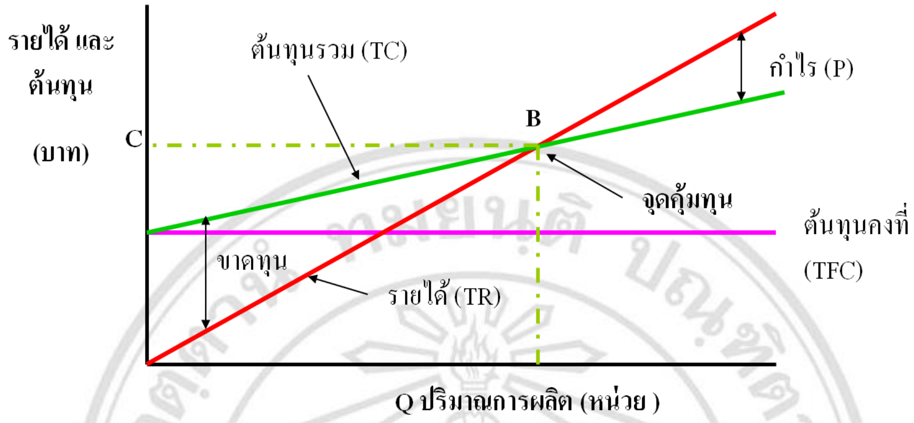
จุดคุ้มทุน คือ จุดที่รายรับรวม (TR) เท่ากับต้นทุนรวม (TC) จะได้สมการใหม่ ดังสมการที่ (13) คือ

$$r \times Q = TFC + TVC \quad \text{โดยที่ } TVC = Q \times V \qquad ___ (13)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ดังนั้นปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุนแสดงการคำนวณได้ดังสมการที่ (14)

$$Q_{BE} = \frac{TFC}{(r-v)} \qquad \text{(14)}$$




**รูปที่ 2.12** จุดคุ้มทุน (Break Even)

**ระยะเวลาการคืนทุน (Payback Period)**

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนนิยมใช้กับโครงการที่มีอายุสั้น การคำนวณไม่ได้คำนึงถึงมูลค่าเงินตามการเวลา ทำให้การวิเคราะห์มีการคลาดเคลื่อนสูงหากนำมาใช้กับโครงการที่มีระยะเวลายาว ดังนั้นวิธีการคำนวณหาระยะเวลาในการคืนทุนจึงเป็นวิธีที่นำมาใช้

ระยะเวลาคืนทุน คือ ระยะเวลาที่คาดว่ากระแสเงินสดสะสมที่คืนมามีจำนวนเท่ากับเงินที่ลงทุนไป เกณฑ์การตัดสินใจให้เลือกลงทุนในโครงการหรือทางเลือกที่มีระยะเวลาการคืนทุนที่สั้น

สมการในการคำนวณหาระยะเวลาการคืนทุนดังสมการที่ (15) และ (16)

$0 = \sum$ □□ ___ (15)

$0 = -P + A(P/A, i\%, n)$ ___ (16)

โดยที่ P = เงินลงทุน

A = ผลประโยชน์รายปี

i = อัตราดอกเบี้ย

n = จำนวนปี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**การวิเคราะห์อัตราผลตอบแทน (Return on Investment)**

อัตราผลตอบแทนต่อหนึ่งหน่วยของต้นทุน เป็นการคำนวณผลตอบแทนสุทธิต่อต้นทุนในการลงทุน โดยทั่วไปจะเปรียบเทียบกันที่มูลค่าปัจจุบัน และคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถทำได้โดยการคูณด้วย 100 เข้าไปในสูตรคำนวณ ค่าของ ROI มีค่าตั้งแต่ -100% ถึงค่าอนันต์ หากรายรับมากกว่ารายจ่าย อัตราผลตอบแทนจะมีค่ามากกว่าศูนย์เสมอ

การปรับค่าเวลาให้อยู่ในมาตรฐานที่เปรียบเทียบกันได้ โดยปรับให้เป็นมูลค่าปัจจุบันมีการคำนวณ ดังสมการที่ (17)

$$\text{มูลค่าปัจจุบัน (PV)} = \frac{T}{(1+d)^n} \qquad ___ (17)$$

โดยที่ PV = มูลค่าปัจจุบัน

T = มูลค่าของสิ่งใดๆ ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง

d = อัตราส่วนลด (Discount rate) โดยปกติมักคิดเท่ากับอัตราดอกเบี้ยทั่วไป

n = จำนวนปี

การหาผลตอบแทนสุทธิของการลงทุนหาได้จากผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายกับมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน แสดงดังสมการที่ (18)

ผลตอบแทนสุทธิ (NPV) = PV ค่าใช้จ่าย – PV ผลตอบแทน ___ (18)

อัตราผลตอบแทนการลงทุน (ROI) สามารถคำนวณจากผลตอบแทนสุทธิหารด้วยมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายแล้วคูณด้วย 100 เปอร์เซ็นต์ เขียนเป็นสมการได้ดังสมการที่ (19)

$$\text{ROI} = \frac{NPV}{PVcost} x100\% \qquad ___ (19)$$

เกณฑ์การตัดสินใจให้เลือกลงทุนในโครงการหรือทางเลือกที่ให้ค่า ROI ที่สูงสุดหรือมีค่าเป็นบวกเพราะหากค่า ROI ติดลบแสดงว่ามีการขาดทุน เสียผลประโยชน์มากกว่าได้รับประโยชน์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved