

บทที่ 2

ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับ การผลิตกระดาษ เพื่อให้เห็นถึง วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตตลอดจนขั้นตอนในการผลิตกระดาษ หลักการสายธารคุณค่าเพื่อการลด ขั้นตอนการทำแห้งในอุตสาหกรรมการผลิตกระดาษ ซึ่งการลดขั้นตอนโดยการใช้เครื่องกวนเยื่อ เพื่อให้เกิดความเข้าใจจึงมีการศึกษาในเรื่อง การกวน ในส่วนของการออกแบบเครื่องกวนโดยใช้ หลักการออกแบบเครื่องมือ และเทคนิคการกระจายการทำงานเชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD) การวิเคราะห์ผลการวิจัยใช้การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ หลักการของเทคนิค การควบคุมกระบวนการผลิตเชิงสถิติ และในส่วนท้ายของบทนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การผลิตกระดาษ

กระดาษเป็นผลิตภัณฑ์หัตถกรรมพื้นบ้านซึ่งเป็นอุตสาหกรรมในครอบครัวทาง ภาคเหนือของประเทศไทยมาเป็นเวลาหลายร้อยปีมาแล้ว โดยเฉพาะในเขตพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย ลำปาง แพร่ และน่าน เป็นต้น ซึ่งคาดว่าได้รับอิทธิพลการผลิตมาจากประเทศจีน โดยใช้ กรรมวิธีการผลิตด้วยมือแบบดั้งเดิม และส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้เพื่อบันทึกร่องราว คัมภีร์พุทธ ศาสนา และตำรายาต่างๆ ทั้งนี้กระดาษนับเป็นงานหัตถกรรมภูมิปัญญาไทยที่ถ่ายทอดศิลปการ ผลิตมาจากบรรพบุรุษ และนิยมทำกันหลังเสร็จสิ้นฤดูกาลเก็บเกี่ยวข้าวนาปี มิได้ถือเป็นอาชีพหลัก ของครอบครัว

กระดาษผลิตมาจากวัสดุธรรมชาติคือ ต้นปอสา (Mulberry Tree) ซึ่งเป็นพืชที่พบมาก แถบภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แล้วนำมาสู่กระบวนการผลิตจนเป็น แผ่นกระดาษ ที่สามารถนำไปแปรรูปประกอบเป็นงานหัตถกรรมต่างๆ หลายรูปแบบ เพื่อ ประโยชน์ในการใช้สอยในท้องถิ่น เช่น ร่มกระดาษ พัดกระดาษ และการใช้สอยทางพิธีกรรม ซึ่งในอดีตที่ผ่านมาตลาดผลิตภัณฑ์ของกระดาษไทยยังไม่เป็นที่นิยมมากนัก เนื่องมาจาก คุณลักษณะของเนื้อกระดาษเป็นข้อจำกัด เช่นมีความหนาบางไม่เท่ากัน มีสิ่งสกปรกเจือปนอยู่มาก การพัฒนาการผลิตด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้ยังไม่แพร่หลาย นอกจากนี้ผู้ผลิตกระดาษยังมี น้อยราย ตลาดจึงเป็นของผู้ผลิตเป็นเหตุให้ไม่มีการแข่งขัน หรือมีการแข่งขันไม่รุนแรง และไม่เกิด แรงจูงใจให้มีการพัฒนาการผลิตให้กระดาษมีคุณภาพดีขึ้นเป็นผลให้ไม่มีการขยายตัวของตลาดมาก

นัก ต่อมากระแสนี้ในตัวในด้านการอนุรักษ์ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในสังคมมีมากขึ้น ทำให้ความนิยมในตัวผลิตภัณฑ์ที่มาจากธรรมชาติและไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมมีมากขึ้นไปด้วย ประกอบกับงานหัตถกรรมกระดาษสาได้มีการพัฒนารูปแบบให้หลากหลายจากเดิม สามารถนำมาผลิตแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพิ่มขึ้น เช่น ผลิตเป็นกระดาษห่อของขวัญ ของที่ระลึก สมุดบันทึก การ์ดอวยพร ถุงกระดาษ กระดาษห่อของขวัญ โคมไฟ งานศิลปะต่าง ๆ ตลอดจนถึงกระดาษใช้สำหรับห่อเครื่องมืออุปกรณ์ทางการแพทย์ เป็นต้น ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับกระดาษสาให้มีมูลค่าสูงขึ้นและได้รับความนิยมมากขึ้นทั้งในตลาดต่างประเทศและตลาดในประเทศ และในปัจจุบันประเทศไทยก็เป็นประเทศผู้ส่งออกหลักของผลิตภัณฑ์กระดาษสาในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จึงส่งผลต่อการขยายระบบการผลิตกระดาษสาอย่างกว้างขวางตั้งแต่สถานประกอบการขนาดเล็กที่รับจ้างผลิตในครัวเรือนจนถึงขนาดใหญ่ในระดับโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อส่งออกผลิตภัณฑ์ไปยังต่างประเทศ และในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์กระดาษสานี้มีความเชื่อมโยงกับผู้เกี่ยวข้อง (Stakeholders) อย่างกว้างขวาง

การแปรรูปปอสาเป็นกระดาษสามี 4 ขั้นตอนหลัก 1.การเตรียมวัตถุดิบ 2.การทำเป็นเยื่อ 3.การทำเป็นกระดาษ และ 4.การลอกกระดาษและตกแต่งเพิ่มเติม ซึ่งมีรายละเอียดในแต่ละข้อก็คือ

การเตรียมวัตถุดิบ ต้องคัดเลือกปอสาที่อ่อนและแก่แยกจากกัน นำไปแช่น้ำประมาณ 3 ชั่วโมงและไม่ควรเกิน 24 ชั่วโมง การแช่น้ำจะทำให้เปลือกปอสาอ่อนตัว จากนั้นนำไปใส่ภาชนะต้ม ใส่โซดาไฟหรือน้ำด่างจากขี้เถ้า เพื่อช่วยให้โครงสร้างของเปลือกปอสาเปื่อยและแยกจากกันเร็วขึ้น ใช้โซดาไฟประมาณ 10-15% อย่าใช้มากเกินไป เพราะอาจไปทำลายเยื่อมากเกินไป ต้มให้นาน 2-3 ชั่วโมงจากนั้นเมื่อต้มเสร็จแล้วนำปอสาล้างน้ำจืดหมดค่า

การทำเป็นเยื่อ มี 2 วิธี ให้เลือก คือทุบด้วยมือ หรือใช้เครื่องตีเยื่อ ถ้าทุบด้วยมือ ใช้ปอสาหนักประมาณ 2 กิโลกรัม ต้องทุบนาน 5 ชั่วโมง แต่ถ้าใช้เครื่องจะใช้เวลาประมาณ 35 นาที จากนั้นนำเยื่อไปฟอกไม่ให้ขาวนัก แต่ถ้าชอบขาวๆต้องใช้ผงฟอกสีเข้าช่วย

การทำเป็นแผ่นกระดาษ นำเยื่อปอสาใส่ในอ่างหรือภาชนะที่เหมาะสม ใส่ น้ำระดับพอเหมาะแล้วใช้ไม้พายคนเยื่อในอ่างให้ทั่ว เพื่อให้เยื่อลอยตัวและกระจายออกจากกันสม่ำเสมอ จากนั้นนำแม่พิมพ์สำหรับทำแผ่นกระดาษมาซ้อนเยื่อต่อไป ส่วนการทำแผ่นมีให้เลือก 2 วิธี คือแบบตักกับแบบตะ

แบบดัก ใช้แม่พิมพ์ลักษณะเป็นตะแกรงในลอน ขนาด 50 คูณ 60 เซนติเมตร หรือทำขนาดตามขนาดกระดาดที่ต้องการ ซ้อนดักเยื่อเข้าหาตัว ยกตะแกรงขึ้นตรงๆแล้วเทน้ำออกไปทางด้านหน้าโดยเร็ว จะช่วยให้กระดาดมีความสม่ำเสมอ

สำหรับแบบตะแกรง มักใช้ตะแกรงที่ทำจากผ้าใยบัวหรือผ้ามุ้งที่มีเนื้อละเอียดและใช้วิธีชั่งน้ำหนักของเยื่อเป็นตัวกำหนดความหนาของแผ่นกระดาด นำเยื่อใส่ในอ่างน้ำ ใช้มือเกลี่ยกระดาดเยื่อบนแผ่นให้สม่ำเสมอ

ขั้นตอนสุดท้ายลอกแผ่นกระดาด นำตะแกรงไปตากแดดประมาณ 1-3 ชั่วโมง กระดาดสาจะแห้งติดกันเป็นแผ่น จึงลอกกระดาดสาออกจากแม่พิมพ์

ผลิตภัณฑ์กระดาดสาเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติ ซึ่งชาวบ้านทำมาตั้งแต่บรรพบุรุษ เป็นการใช้องค์ภูมิปัญญาแบบดั้งเดิม โดยไม่มีเทคโนโลยีทันสมัยมาช่วย ทำให้เกิดปัญหาในระบบการผลิตดังต่อไปนี้

1. ปัญหาในกระบวนการผลิตและการเก็บรักษาที่ทำให้ปอสา มีคุณภาพต่ำลง เช่น ปอสาขึ้นรา ซึ่งอาจเกิดจากการเก็บรักษา และมีความชื้น ส่งผลให้ปอสาขาดคุณภาพและใช้ทำกระดาดได้คุณภาพไม่ดี
2. ปัญหาการขาดแคลนปอสา เนื่องจากได้มีการนำเอากระดาดสา มาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปได้หลากหลายชนิด ซึ่งได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายทั้งในตลาดในประเทศและตลาดต่างประเทศ ทำให้ความต้องการของกระดาดสาและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระดาดสาขยายตัวอย่างรวดเร็ว ในขณะที่ปอสาซึ่งเป็นวัตถุดิบที่สำคัญมีไม่เพียงพอต่อความต้องการ จึงต้องนำเข้าจากประเทศเพื่อนบ้านคือประเทศลาวและพม่า ซึ่งจะส่งผลทำให้ต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้นและไม่เป็นผลดีต่อการดำเนินงานในระยะยาว นอกจากนั้นแล้วการเพิ่มพื้นที่การปลูกต้นปอสาเพื่อเพิ่มผลผลิตภายในประเทศยังไม่ได้รับการส่งเสริมจากรัฐ
3. ปัญหาเรื่องคุณภาพ เนื่องจากการผลิตกระดาดสาและผลิตภัณฑ์จากกระดาดสาส่วนใหญ่ยังขาดการควบคุมคุณภาพและเทคนิคในการผลิต ดังนั้นคุณภาพของผลิตภัณฑ์จึงมีข้อจำกัดเกี่ยวกับคุณภาพของสีและเนื้อกระดาดที่มีรอยตะแกรง มีสิ่งสกปรกเจือปนอยู่มาก เป็นต้น ซึ่งอาจไม่ได้มาตรฐานตามที่ลูกค้าต้องการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งลูกค้าจากต่างประเทศ
4. ปัญหาเรื่องสิ่งแวดล้อม เนื่องจากตลาดขยายตัวมากขึ้น ทำให้การผลิตเข้าสู่ระบบอุตสาหกรรมมากยิ่งขึ้น มีการผลิตในปริมาณมากขึ้น ผู้ผลิตกระดาดสาได้นำเอาสารเคมี เช่น

โซดาไฟและคลอรีนมาใช้ในการฟอกสี ทำให้เกิดปัญหามลสารตกค้างปนเปื้อนลงไปในแหล่งน้ำของชุมชน ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม

5. ปัญหาด้านการตลาด ลักษณะของตลาดในปัจจุบันเป็นลักษณะที่ผู้ซื้อและผู้ขายจะทำการซื้อขายกันโดยตรง ผู้ขายรับคำสั่งซื้อตามความต้องการของผู้ซื้อแล้วจึงทำการผลิตสินค้า ทำให้โอกาสที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือพัฒนาขั้นตอนและระบบต่างๆ ด้วยตนเองนั้นมีน้อย เนื่องจากเป็นการผลิตตามความต้องการของลูกค้าเป็นหลัก

โดยสรุปแล้วกระดาศาและผลิตภัณฑ์จากกระดาศากำลังเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย ปัจจุบันผู้บริโภคได้หันมาสนใจและต้องการสินค้าที่ผลิตขึ้นจากธรรมชาติกันมากยิ่งขึ้น และผลิตภัณฑ์หัตถกรรมกระดาศาก็คือสินค้าที่สวยงามแสดงถึงเอกลักษณ์ของท้องถิ่น รวมทั้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่กรรมวิธีการผลิตที่ไม่ต้องใช้เทคโนโลยีที่ซับซ้อน สามารถทำเป็นอาชีพเสริมหรือเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือนได้ แต่สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในผลิตภัณฑ์หัตถกรรมกระดาศาก็คือการพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ให้มีความหลากหลายมากขึ้น รวมทั้งการแสวงหาตลาดเพื่อขยายช่องทางการขายและการส่งออกเพื่อเพิ่มรายได้ให้แก่ประชาชน ท้องถิ่นและประเทศชาติ ทั้งนี้ต้องได้รับความร่วมมือจากภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการส่งเสริมด้านการผลิตและการตลาด เพราะหากเพียงแค่อาศัยภูมิปัญญาชาวบ้านที่มีอยู่ การรวมกลุ่มเพื่อพัฒนาจะไม่เกิดขึ้นอย่างแน่นอน ดังนั้นผู้วิจัยจึงประยุกต์ใช้เครื่องกวนเพื่อลดขั้นตอนการทำแห้งซึ่งจะได้อธิบายในหัวข้อถัดไป

2.2 การกวน (Agitation)

การกวน คือ การทำให้สารในภาชนะมีการเคลื่อนที่ไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง ซึ่งมักจะเกิดขึ้นในลักษณะที่เป็นวงกลม

2.2.1 อุปกรณ์หลักที่ใช้ในการกวนผสม

- ถังผสม (Mixing tank) มีหน้าที่เป็นภาชนะรองรับสารในการกวนผสม ส่วนใหญ่เป็นถังผสมรูปทรงกระบอกวางในแนวตั้ง ด้านบนอาจเปิดหรือปิด กันถังผสมมีหลายแบบ เช่น ถังรูปกรวย ถังโค้ง และถังแบน
- ใบกวน (Impeller) มีหน้าที่ปั่นกวนของไหลให้เกิดการกวนผสม แบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ ตามรูปแบบการไหลของของเหลวที่เกิดขึ้น การใช้งาน และลักษณะพิเศษ ตัวอย่างของประเภทของใบกวน เช่น

- ใบกวนที่ทำให้เกิดการไหลในแนวแกน (Axial flow impeller) เช่น ใบกวนประเภทใบพัด (Propeller) เหมาะสำหรับผสมของเหลวที่มีความหนืดไม่มาก และของเหลวที่มีของแข็งแขวนลอย

- ใบกวนที่ทำให้เกิดการไหลในแนวรัศมี (Radial flow impeller) เช่น ใบกวนประเภทกังหันแบบใบแบน (Flat-blade turbine) เหมาะสำหรับใช้ผสมก๊าซกับของเหลว

- ใบกวนที่ออกแบบมาให้มีลักษณะเฉพาะกับการใช้งาน (Specialty impeller) เช่น ใบกวนประเภทใบพายเหมาะสำหรับการกวนผสมของเหลวที่มีความหนืดค่อนข้างสูง เช่น สีนํ้ามัน และกากน้ำตาล เป็นต้น

การออกแบบและเลือกใบกวนที่มีความเหมาะสมกับของไหลรวมทั้งตำแหน่งในการติดตั้งและความเร็วใบกวนที่ใช้เป็นปัจจัยสำคัญต่อประสิทธิภาพของการกวนผสม

- ครีป (Baffle) มีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ ติดอยู่บริเวณด้านข้างภายในของถังผสม ช่วยบังคับทิศทางของของไหลให้เกิดการผสมได้ดีขึ้นในกรณีการผสมแบบปั่นป่วน (Turbulent mixing) การติดครีปจะช่วยป้องกันการเกิดการหมุนวน (Vortex) ซึ่งไม่ก่อให้เกิดการผสม แต่สำหรับการผสมของเหลวหนืด (Viscous mixing) หรือการผสมแบบราบเรียบ (Laminar mixing) ไม่เกิดการหมุนวนจึงไม่มีความจำเป็นต้องติดครีป

2.2.2 กลไกการผสมของเหลวในถังผสมทรงกระบอกแนวตั้ง

ของเหลวที่บริเวณใบกวนจะถูกปั่นกวนทำให้เกิดกระแสของเหลวพุ่งออกไปสู่บริเวณของเหลวส่วนใหญ่ในถังผสม (Bulk liquid) ด้วยรูปแบบการไหลซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของใบกวน ที่บริเวณใกล้กับใบกวนการผสมจะเกิดได้มากเนื่องจากมีความเร็วของการปั่นกวนสูง ที่ระยะห่างจากใบกวนออกไปความเร็วของกระแสของเหลวจะลดลงพร้อมกับชักนำของเหลวใกล้เคียงให้ไหลไปด้วยทำให้กระแสน (Eddy current) ขนาดใหญ่แตกตัวกลายเป็นกระแสนขนาดเล็กซึ่งทำให้เกิดการกวนผสมขึ้น เมื่อกระแสของเหลวเคลื่อนที่ไปจนชนผนังของถังผสมแล้วก็จะไหลวนกลับเข้าสู่บริเวณใบกวน และเกิดการกวนผสมแบบเดิมอีกในลักษณะที่เป็นวงจร

รูปร่างของถังผสม เช่น ถังผสมทรงสี่เหลี่ยมจะทำให้เกิดรูปแบบการไหลแบบเดียวกับถังผสมทรงกระบอกแนวตั้งติดครีป ถังผสมก้นแบนไม่เหมาะสมกับการผสมของเหลวที่มีของแข็งแขวนลอยเนื่องจากจะทำให้เกิดการสะสมของของแข็งที่บริเวณมุมของก้นถังผสม การใช้ถังผสมก้นโค้งจะเหมาะสมกว่า

ขนาด และสัดส่วนของใบกวน ครีบ และถึงผสม เช่น อัตราส่วนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบกวนต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของถึงผสม และอัตราส่วนความกว้างของครีบต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของถึงผสม ตัวอย่างอัตราส่วนดังกล่าวที่นิยมใช้สำหรับระบบถึงผสมทรงกระบอก แนวตั้งที่ใช้ใบกวนชนิดก้าน

ตำแหน่งและลักษณะของการติดตั้งใบกวน เช่น การติดตั้งใบกวนให้เอียงหรือเอียงไปจากศูนย์กลางของถึงผสม (Off-center mounting) สามารถป้องกันการเกิดการหมุนวนในถึงผสม ทรงกระบอกแนวตั้งได้ แต่สำหรับถึงผสมขนาดใหญ่การติดตั้งใบกวนแบบนี้จะทำให้เสียกำลังงานในการกวนมาก และการติดตั้งใบกวนชนิดเดียวกันให้มีระดับความสูงจากกันถึงผสมต่างกันจะทำให้เกิดรูปแบบการไหลของของเหลวในถึงผสมแตกต่างกัน เช่น ใบกวนประเภทใบพัด ซึ่งโดยปกติจะทำให้เกิดการไหลในแนวแกน ถ้าถูกติดตั้งให้อยู่ชิดกับก้นถึงผสมจะทำให้เกิดการไหลในแนวรัศมีขึ้นแทน

ความเร็วรอบของใบกวน เมื่อความเร็วรอบของใบกวนสูงการผสมจะเกิดได้เร็วขึ้นแต่กำลังงานที่ใช้ในการกวนจะเพิ่มขึ้น ดังนั้นในการออกแบบจึงต้องหาความเร็วรอบของใบกวนที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดการผสมที่รวดเร็วและใช้กำลังงานน้อยที่สุด

2.3 การออกแบบเครื่องมือ

การออกแบบเครื่องมือเป็นขบวนการของการออกแบบและปรับปรุงเครื่องมือ วิธีการและเทคนิคที่จำเป็นหลายอย่าง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม และเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้นด้วย การออกแบบเครื่องมือที่เกี่ยวกับเครื่องจักรในอุตสาหกรรม และเครื่องมือพิเศษอื่นๆ ทำให้ทุกวันนี้มีการผลิตงานได้อย่างรวดเร็วและมีปริมาณสูง อีกทั้งยังทำให้สินค้ามีคุณภาพดีและประหยัดขึ้นด้วย ซึ่งจะทำให้เป็นที่แน่ใจว่าสินค้าที่ผลิตออกไปจะได้ผลสำเร็จเป็นอย่างดี

2.3.1 จุดประสงค์ของการออกแบบเครื่องมือ

จุดประสงค์ส่วนใหญ่ของการออกแบบเครื่องมือ ก็คือการลดค่าใช้จ่ายในการผลิตงานอุตสาหกรรม แต่ในขณะเดียวกันทางด้านคุณภาพก็ยังคงเดิมไม่ลดต่ำลง และผลผลิตก็เพิ่มสูงขึ้นด้วยในการที่จะทำให้สิ่งเหล่านี้สำเร็จเป็นอย่างดีผู้ที่ออกแบบเครื่องมือจึงต้องปฏิบัติตามสิ่งต่างๆ ดังต่อไปนี้

- หาวีธีที่ทำงานกับเครื่องมือให้เป็นแบบธรรมดา และง่าย ๆ โดยมีประสิทธิภาพสูงที่สุด
- ลดค่าใช้จ่ายในการผลิตโดยผลิตชิ้นงานที่ราคาต่ำสุดเท่าที่จะทำได้

- ออกแบบเครื่องมือให้มีคุณภาพสูงเมื่อถูกนำไปใช้กับการผลิตงานที่ต่อเนื่องกันตลอด
- เพิ่มอัตราการผลิตด้วยเครื่องจักรที่มีอยู่แล้ว
- เลือกวัสดุที่ใช้ทำเครื่องมือซึ่งมีอายุการใช้งานอย่างพอเหมาะกับการผลิต
- หาวิธีป้องกันสำหรับการออกแบบเครื่องมือเพื่อให้การใช้เครื่องมือต่างๆ มีความปลอดภัยต่อผู้ใช่มากที่สุด

2.3.2 การออกแบบเครื่องมือในงานอุตสาหกรรม

ในงานอุตสาหกรรมมีส่วนสำคัญอยู่อย่างหนึ่งคือ การออกแบบเครื่องมือ ซึ่งจะครอบคลุมถึงการออกแบบผลิตภัณฑ์ และทำผลิตภัณฑ์นั้นๆ โดยขั้นแรกจะต้องมีการกำหนดความจำเป็นและความต้องการของผลิตภัณฑ์เสียก่อน ต่อมาก็เริ่มทำการเขียนแบบและระบุรายละเอียดของผลิตภัณฑ์นั้นๆ และผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ก็ส่งเรื่องต่างๆเหล่านี้ไปให้วิศวกรผู้วางแผนงาน โดยที่ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์และวิศวกรผู้วางแผนงานจะต้องทำงานอย่างใกล้ชิดกับผู้ออกแบบเครื่องมือเป็นอย่างมาก เพื่อวางแผนหาขบวนการของการทำงานซึ่งจะทำการผลิตชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ออกมา

บางครั้งบางครั้งผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ก็จะเปลี่ยนหรือปรับปรุงการออกแบบให้ง่ายขึ้นหรือเร่งผลผลิตให้มากขึ้นอีก ตามธรรมดาแล้วนักออกแบบผลิตภัณฑ์จะเป็นผู้กำหนดอัตราการผลิต การออกแบบชิ้นส่วน และเลือกเครื่องจักรในการทำงาน ส่วนรายการสุดท้ายเกี่ยวกับตารางกำหนดการและรายการงบประมาณนั้น ผู้ออกแบบเครื่องมือจะต้องร่วมวางแผนโครงการนี้ด้วย

2.3.3 การวางแผนสำหรับการออกแบบ

การวางแผนงานเกี่ยวกับการออกแบบเครื่องมือจะมีผลกระทบอย่างมากต่อความสำเร็จหรือความล้มเหลวในการผลิต นั่นคือวิธีการปฏิบัติจะต้องเป็นไปตามระเบียบแบบแผน สำหรับเรื่องทั้งหมดที่เกี่ยวกับรายละเอียดและรายการต่างๆของผลิตภัณฑ์จะต้องถูกเสนอและตีราคาเพื่อที่จะให้ได้การผลิตที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดและราคาที่ทำให้ผลประโยชน์ของการออกแบบเครื่องมือได้ถูกเลือกมาใช้ ซึ่งในกรณีนี้ผู้ออกแบบเครื่องมือจะต้องศึกษาอย่างละเอียดรอบคอบเกี่ยวกับแบบของชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์และแผนการของการผลิตซึ่งจะต้องรู้และเข้าใจผลิตภัณฑ์รวมทั้งขบวนการของการการผลิตเป็นอย่างดี ซึ่งจะต้องพิจารณาส่วนต่างๆดังนี้

- แบบชิ้นส่วน ผู้ออกแบบเครื่องมือจะได้รับภาพเขียนแบบของชิ้นส่วนซึ่งจะต้องใช้ในการผลิตชิ้นส่วนนั้นๆ และเมื่อทำการวิเคราะห์แบบของชิ้นส่วนนั้นแล้ว

ผู้ออกแบบเครื่องมือจะต้องพิจารณาข้อเท็จจริงทั่วไปหลายหลายอย่างที่จะมีผลกระทบโดยตรงกับการออกแบบ ซึ่งแฟกเตอร์ต่างๆที่ต้องพิจารณา มีดังต่อไปนี้

- รูปร่างและขนาดทั้งหมดของชิ้นส่วน
 - ชนิดและเงื่อนไขของวัสดุที่จะนำมาใช้ทำงาน
 - วิธีการทำงานและชนิดของเครื่องจักรที่ถูกใช้ในการปฏิบัติงาน
 - ความต้องการในความละเอียดถูกต้องมากน้อย
 - ปริมาณของงานที่จะทำการผลิต
 - ผิวหน้าของส่วนที่จะเป็นที่กำหนดตำแหน่งและถูกจับยึด
- แผนผังการผลิต แผนผังผลิตจะบ่งบอกหัวข้อของการทำงานการผลิต และเรียงลำดับขั้นตอนการทำงานซึ่งถูกคัดเลือกเสนอโดยวิศวกรผู้วางแผนการผลิต สำหรับแบบฟอร์มของแผนผังการผลิตนี้สามารถทำได้หลายแบบซึ่งก็แล้วแต่ความต้องการของบริษัทนั้นๆ แต่อย่างน้อยจะต้องมีคำอธิบายย่อๆ ของการทำงานในแต่ละขั้นตอนตลอดจนชนิดของเครื่องจักรที่ถูกเสนอให้ใช้ในการทำงานนั้นๆ ผู้ออกแบบเครื่องมือก็ใช้แผนผังการผลิตนี้ประกอบในการออกแบบเครื่องมือด้วย และแผนผังผลิตจะรวมถึงสิ่งต่างๆต่อไปนี้
 - รายละเอียดที่เกี่ยวกับชนิดและขนาดของเครื่องจักรที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของการทำงาน
 - รายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับชนิดและขนาดของเครื่องมือตัดที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของการทำงาน
 - ลำดับขั้นก่อนหลังการทำงาน
 - รายละเอียดของชิ้นงานถูกกระทำอย่างไรก่อนที่จะมาผ่านการทำงานโดยเครื่องจักร

นอกจากเรื่องที่เกี่ยวข้องกับแบบของชิ้นงานและแผนผังของการผลิตแล้ว ผู้ออกแบบเครื่องมือจะได้รับข้อมูลเรื่องอื่นๆ อีก คือเรื่องเกี่ยวกับระยะเวลาและจำนวนเงินที่สามารถจะใช้ได้ ซึ่งจากการใช้ข้อมูลเหล่านี้ก็ทั้งความคิดในการประดิษฐ์ และประสบการณ์ที่มีอยู่แล้วผู้ออกแบบเครื่องมือก็เริ่มศึกษาและออกแบบเพื่อให้มีทางเลือกได้หลาย ๆ ทาง

- การเลือกวิธี การตกลงใจในการเลือกใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งนั้นเป็นหัวข้อหนึ่งในขั้นแรกของการแก้ปัญหาต่าง ๆ ซึ่งวิธีการเดียวกันนี้ก็ถูกนำมาใช้ในการออกแบบ

เครื่องมือเพื่อจะให้ได้ใจว่าเลือกวิธีการที่ดีที่สุดในช่วงขั้นตอนการเลือกของการออกแบบนี้ ผู้ออกแบบเครื่องมือจะต้องทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่สำคัญทั้งหมดเพื่อที่จะตอบปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้ดังต่อไปนี้

- จะต้องใช้เครื่องมือพิเศษหรือต้องปรับปรุงเครื่องมือที่มีอยู่แล้ว
- เครื่องมือที่ใช้มีจุดประสงค์เดียวหรือหลายอย่าง
- ค่าใช้จ่ายของเครื่องมือจะประหยัดได้หรือไม่
- ชนิดของเครื่องมือตรวจสอบคืออะไร หรือถ้าไม่มีจะใช้การตรวจสอบการทำงานในและขั้นตอนอย่างไร

คำตอบของคำถามเหล่านี้และความสัมพันธ์อื่น ๆ ของรายละเอียดของการทำงานนี้ ผู้ออกแบบเครื่องมือจะขยายและเลือกการแก้ปัญหาจนในที่สุดก็จะเลือกได้การออกแบบที่มีประสิทธิภาพ และราคาเหมาะสมที่สุด

2.3.4 ขอบเขตการออกแบบเครื่องมือ

ผู้ออกแบบเครื่องมือในงานอุตสาหกรรมมีงานที่ต้องรับผิดชอบอย่างมาก อันได้แก่เทคนิคในการออกแบบและอาจรวมถึงการกำหนดหรือเลือกใช้วัสดุ การอำนวยความสะดวกห้องเครื่องมือ ซึ่งผู้ออกแบบเครื่องมือต้องมีความเข้าใจขอบเขตหน้าที่ของส่วนต่าง ๆ ดังนี้

- การออกแบบ ในขั้นตอนการออกแบบนี้ ผู้ออกแบบเครื่องมือมีหน้าที่รับผิดชอบที่จะต้องปรับปรุงการเขียนแบบและภาพสเก็ตตามความคิดต่าง ๆ ของการออกแบบเครื่องมือ แบบที่เขียนแบบเรียบร้อยแล้วจะถูกส่งไปยังหัวหน้าของผู้ออกแบบเพื่อพิจารณาอนุมัติต่อไป อย่างไรก็ตามในบริษัทเล็ก ๆ ผู้ออกแบบเครื่องมือจะเป็นผู้ตัดสินใจเลือกแบบเลย
- การอำนวยความสะดวก โดยปกติแล้วขอบเขตของการอำนวยความสะดวกของผู้ออกแบบเครื่องมือจะถูกกำหนดโดยขนาดของบริษัท การอำนวยความสะดวกสำหรับแผนกหนึ่ง ๆ ดังเช่น การออกแบบ หรือการทำเครื่องมือ หรือแผนกที่เกี่ยวกับเครื่องมือทั้งหมด อาจอยู่ในความรับผิดชอบของนักออกแบบเครื่องมือ
- การจัดหา มีบ่อยครั้งที่ผู้ออกแบบเครื่องมือต้องรับผิดชอบในการกำหนดเลือกใช้วัสดุที่ใช้ทำเครื่องมือซึ่งในสถานการณ์เช่นนี้ ปกติแล้วผู้ออกแบบเครื่องมือจะ

อาศัยผู้ขาย (Salepeople) ส่งวัสดุหรือชิ้นส่วนที่ตรงกับรายละเอียดมาให้ในการเลือกผู้ขายที่จะส่งสินค้าเหล่านี้มาให้นั้น จะต้องเลือกบริษัทที่สามารถให้บริการแก่ลูกค้าอย่างดีที่สุด บริการในที่นี้ได้แก่การช่วยเหลือในการออกแบบและช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อสินค้าเหล่านั้นถูกนำไปใช้งาน ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการพิจารณาก่อนที่จะเลือกกว่าควรซื้อสินค้าหรือวัสดุจากใครและจุดอื่น ๆ ที่จะต้องพิจารณาก็คือ เป็นไปได้หรือไม่ที่ผู้ขายสามารถที่จะส่งวัสดุ, ชิ้นส่วน หรือส่วนประกอบที่จำเพาะเจาะจงมาให้เมื่อมีความจำเป็นเกิดขึ้นโดยทั่ว ๆ ไป ผู้ขายที่เอาใจใส่เป็นอย่างดีต่อลูกค้ามักจะเตรียมส่วนพิเศษไว้อย่างพร้อมเพรียงเพื่อที่จะสามารถส่งของให้ลูกค้าได้อย่างรวดเร็วตามที่ลูกค้าต้องการ การเลือกผู้ขายที่ให้บริการเหล่านี้เป็นอย่างดีที่สุดที่จะเป็นพื้นฐานทำให้ผู้ออกแบบเครื่องมือทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุด

- การตรวจสอบ หลาย ๆ ครั้งที่ผู้ออกแบบเครื่องมือมีความจำเป็นที่จะต้องตรวจสอบงานเพื่อเป็นการแน่ใจว่าเครื่องมือมีความถูกต้องตามแบบ (Tool Drawing) หรือไม่ ส่วนในข้อที่สองก็คือชิ้นส่วนที่ถูกทำมาแล้วจะต้องตามรายละเอียดที่กำหนดหรือไม่ และหลังจากเครื่องมืออันนั้นถูกส่งไปยังแผนกการผลิตแล้ว ผู้ออกแบบเครื่องมือจะต้องมีช่วงเวลาที่ตรวจสอบเครื่องมือในระหว่างการผลิตด้วย เพื่อที่จะให้มีความถูกต้องแน่นอนในรายละเอียดไม่ให้เกิดความผิดพลาดและเป็นการบำรุงรักษาเครื่องมือด้วย

2.3.5 สิ่งที่ทำจำเป็นสำหรับการเป็นผู้ออกแบบเครื่องมือ

ในการที่จะเป็นผู้ออกแบบเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงจะต้องมีความชำนาญในสิ่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- ต้องมีความสามารถเป็นอย่างดีในการเขียนแบบ และสเก็ตงานทางด้านเครื่องมือ
- มีความเข้าใจในขบวนการเครื่องมือ และเทคนิคของงานอุตสาหกรรมแบบสมัยใหม่
- มีความสามารถประดิษฐ์คิดค้นงานด้านเครื่องกลได้เป็นอย่างดี
- มีความเข้าใจเกี่ยวกับขบวนการทำเครื่องมือขึ้นพื้นฐาน
- มีความรู้ทางคณิตศาสตร์ทางช่าง มาเป็นอย่างดี [5]

2.4 เทคนิคการกระจายการทำงานเชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD)

เทคนิคการกระจายการทำงานเชิงคุณภาพ (QFD) เป็นเทคนิคหนึ่งที่ใช้ในการวางแผนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของบริษัทให้ตรงกับความต้องการของลูกค้ามากที่สุด โดยเทคนิคที่ใช้ในการเปลี่ยนความต้องการของลูกค้ามาเป็นตัวผลิตภัณฑ์อย่างเป็นขั้นตอนและมีระบบ โดยอาศัยหลักการและเทคนิคทางวิศวกรรมเข้ามาเกี่ยวข้องในการทำ และจากนั้นจะทำการเจาะลึกไปยังส่วนประกอบต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ในด้านคุณภาพที่สามารถทำการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้ หรือเป็นการเจาะลึกเข้าไปยังวิธีการตอบสนองความต้องการในแต่ละส่วนของการผลิต

QFD เป็นวิธีการที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนโครงสร้างผลิตภัณฑ์ และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ทีมงานพัฒนาสามารถลงสู่รายละเอียดความต้องการ และความจำเป็นของลูกค้าได้รวมทั้งประเมินผลข้อเสนอผลิตภัณฑ์ หรือบริการแต่ละตัวได้อย่างเป็นระบบ ทั้งนี้จะต้องอยู่ในเทอมของผลกระทบต่อความสอดคล้องกับความจำเป็นของลูกค้า

QFD เป็นวิธีที่ใช้แสดงให้เห็นความเชื่อมโยงและช่วยในการจัดลำดับความสำคัญความต้องการของลูกค้า (ซึ่งก็คือคุณภาพของสินค้าและบริการ) โดยแปลงให้เป็นกิจกรรมดำเนินงานในเชิงผลิตภัณฑ์ และบริหารธุรกิจมีจุดประสงค์เพื่อปรับสมรรถนะการดำเนินงานขององค์กรให้มีประสิทธิภาพสูงสุด และตอบสนองความคาดหวังของลูกค้าได้เป็นอย่างดี ทีมงาน QFD ขององค์กรต้องพยายามที่จะบรรลุหลักการ 3 ข้อนี้ให้ได้ อันเป็นหัวใจหลักของ QFD

- ลูกค้าของเราคือใคร (WHO are the customers?)
- ลูกค้าต้องการอะไร (WHAT does the customer need?)
- ทำอย่างไรจึงจะตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ (HOW will the needs be satisfied?)

หลักในการทำ QFD คือ การรวบรวมความต้องการของลูกค้ามา แล้วทำการจัดการกับความต้องการของลูกค้านั้น โดยใช้เทคนิคทางวิศวกรรม แล้วนำความต้องการมาระบุวิธีในการผลิต หรือเทคนิคทางวิศวกรรมที่จะช่วยตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ จากนั้นนำความต้องการของลูกค้า (WHATs) และเทคนิคในการผลิต (HOWs) มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ร่วมกันในตาราง HOQ (House of Quality) เพื่อทำการจัดเรียงลำดับความสำคัญของเทคนิคการผลิต แล้วทำการวิเคราะห์รายละเอียดของการผลิต เช่น ส่วนประกอบ ข้อจำกัดในการผลิต เพื่อให้เห็นภาพรวมในการพัฒนาและจัดทำแผนการผลิต ตลอดจนการวางแผนการตลาดโดยดำเนินการตามขั้นตอนการทำ QFD ตามลำดับ ซึ่งสิ่งที่จะต้องตอบคำถามในกระบวนการ QFD คือ

- ลูกค้าต้องการอะไร
- ทุกสิ่งที่ลูกค้าต้องการนั้นมีความสำคัญเท่ากันหมดหรือไม่

- การที่เราตอบสนองความต้องการเหล่านั้นได้ จะช่วยเพิ่มประโยชน์ในการแข่งขันหรือไม่
- เราจะทำการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์ หรือกระบวนการได้อย่างไร
- การตัดสินใจทางด้านวิศวกรรมมีผลต่อการรับรู้ของลูกค้าอย่างไร
- การเปลี่ยนแปลงทางวิศวกรรมมีผลต่อลักษณะทางเทคนิคอื่น ๆ อย่างไร
- ความสัมพันธ์ของการกระจายคุณสมบัติของชิ้นส่วน (Part Deployment) การวางแผนกระบวนการ (Process Planning) และการวางแผนการผลิต (Production Planning) คืออะไร [6]

2.4.1 จุดประสงค์ในการทำ QFD

การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment QFD) เป็นวิธีที่ช่วยให้ฝ่ายออกแบบสามารถตัดสินใจในแนวทางที่ตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ดีที่สุดตามกำลังทรัพยากรที่มีอยู่ QFD เป็นการประกันคุณภาพในการออกแบบโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อความพึงพอใจของลูกค้า และถ่ายทอดความต้องการของลูกค้าให้เป็นเป้าหมายของการออกแบบ โดยจุดประสงค์ในการทำ QFD คือ

- เพื่อใช้ในการออกแบบหรือพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่โดยเน้นที่การตอบสนองความต้องการและความคาดหวังของลูกค้าได้อย่างถูกต้อง
- เพื่อช่วยลดปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์ ไม่ว่าจะเป็นระยะเวลาที่ใช้ในการออกแบบ ต้นทุนที่ใช้ในการออกแบบ ลดระดับความไม่แน่นอนในการออกแบบ เป็นต้น
- เพื่อช่วยให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์ดำเนินไปในทิศทางที่ถูกต้อง สร้างผลกำไรให้แก่ธุรกิจ
- เพื่อช่วยให้การรวบรวม และการประเมินผลความพึงพอใจของลูกค้าสามารถทำได้ง่ายขึ้น และเป็นระบบมากขึ้น
- เพื่อทำให้บุคลากรในบริษัทมองเห็นภาพรวมการทำงาน และวิธีที่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้เป็นอย่างดี
- เพื่อช่วยสร้างและจัดการกับโครงสร้างในระบบสารสนเทศขึ้น เนื่องจากต้องมีการปฏิสัมพันธ์กับลูกค้าในการเก็บรวบรวมความต้องการของลูกค้า
- เพื่อให้การทำงานของฝ่ายต่าง ๆ ในบริษัทเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยเฉพาะฝ่ายผลิต ฝ่ายการตลาด และฝ่ายพัฒนาและวิจัย

2.4.2 ประโยชน์ของ QFD

ประโยชน์หลักของ QFD คือ การถ่ายทอดความต้องการของลูกค้าให้เป็นเป้าหมายต่างๆ ในขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ นอกจาก QFD จะช่วยประกันความพึงพอใจของลูกค้าและเพิ่มยอดขายของผลิตภัณฑ์ได้แล้ว เทคนิค QFD ยังสามารถลดปัญหาที่พบในช่วงแรกๆ ของการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้ถึงครึ่ง และลดระยะเวลาในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้มากถึงหนึ่งในสามหรืออาจจะถึงครึ่งหนึ่งด้วย

ประโยชน์ที่ได้รับในการทำ QFD แบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือ

ประโยชน์ต่อลูกค้า

- ช่วยให้ลูกค้าได้รับความพึงพอใจในตัวผลิตภัณฑ์ที่สามารถตอบสนองความต้องการได้อย่างถูกต้อง
- ทำให้ลูกค้าได้มีส่วนร่วมในการพัฒนา และกำหนดลักษณะของผลิตภัณฑ์เอง

ประโยชน์ต่อบริษัท

- การพัฒนาและออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่เป็นไปในทิศทางที่ถูกต้อง
- ลดขั้นตอนในการพัฒนา และการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ได้
- ลดค่าใช้จ่ายในการออกแบบ และพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้
- ช่วยให้การวางแผนทางการตลาดง่ายขึ้น และสามารถเข้าถึงความต้องการของลูกค้าได้เป็นอย่างดี
- ทำให้ภาพพจน์ของบริษัทในสายตาของลูกค้าเป็นไปในทางที่ดี เนื่องจากบริษัทได้ให้ความสำคัญกับลูกค้าในการพัฒนาปรับปรุงผลิตภัณฑ์
- ช่วยให้เกิดความร่วมมือในการทำงานและลดปัญหาการขัดแย้งกันเองภายในบริษัท
- ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ และบริการต่างๆ ของบริษัทพัฒนาไปอย่างมีคุณภาพและมีทิศทางที่ถูกต้อง

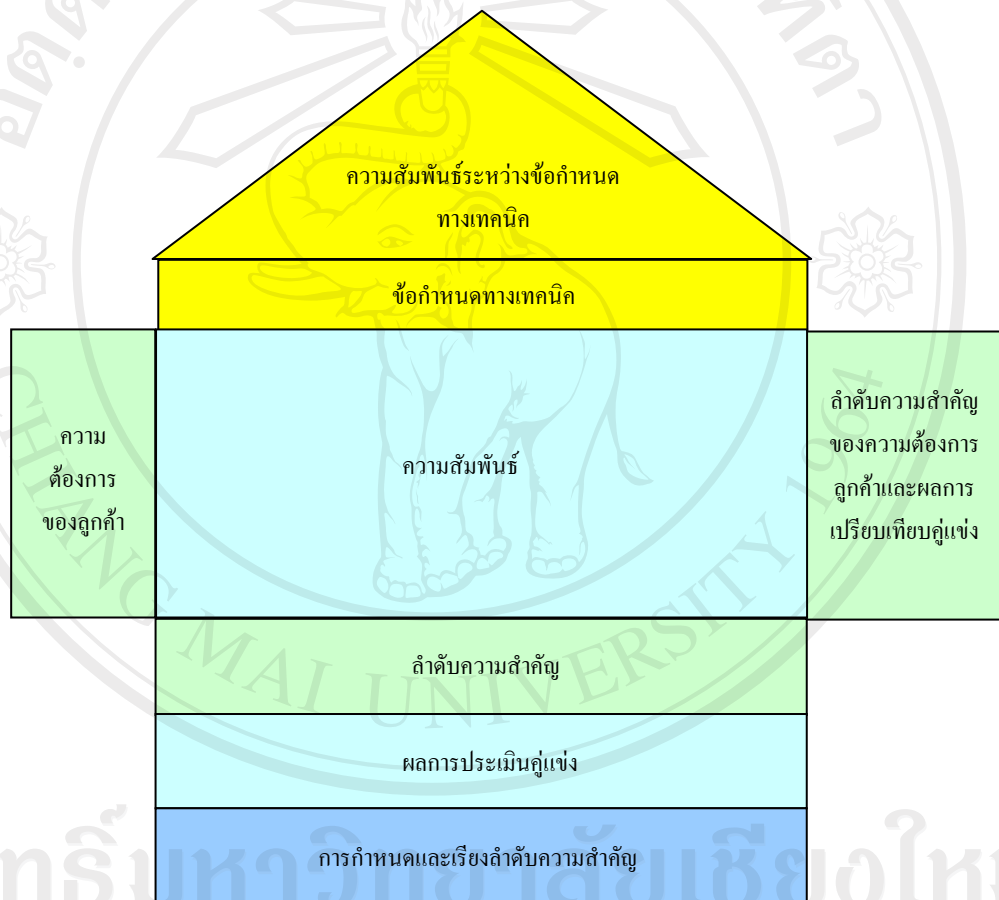
2.4.3 ขั้นตอนในการทำ QFD

ในขั้นตอนการทำ QFD มีประเด็นสำคัญอยู่ 2 ประเด็นที่เกี่ยวข้อง นั่นคือเรื่องของ บ้านคุณภาพ (House of Quality: HOQ) มีลักษณะเป็นตารางที่มีรูปทรงคล้ายบ้าน ซึ่ง HOQ นี้ถือเป็นเครื่องมือพื้นฐานหลักที่ช่วยในการวิเคราะห์ความต้องการของลูกค้าได้ โดยในขั้นตอนการพัฒนาที่ใช้ HOQ และตารางวิเคราะห์ ในการวิเคราะห์นั้นจะดำเนินการภายใต้กระบวนการที่เรียกว่า Four-Phase Approach ซึ่งการทำ Four-Phase Approach นี้เป็นประเด็นที่มีขั้นตอนการดำเนินการ 4

ขั้นตอนที่วางไว้เป็นลำดับ โดยมีการนำเอาผลลัพธ์ (Output) ของ HOQ ที่ได้มาจากขั้นตอนก่อนหน้าไปเป็นสิ่งที่นำเข้า (Input) ในตารางวิเคราะห์ของขั้นตอนถัดไป เป็นอย่างนี้ไปเรื่อย ๆ จนครบ 4 ขั้นตอนก็จะได้ผลิตภัณฑ์ หรือบริการที่ต้องการ ดังรายละเอียดที่จะกล่าวต่อไปนี้

- บ้านคุณภาพ (House of Quality: HOQ)

เป็นตารางที่ใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์อย่างเป็นระบบ มีรูปทรงคล้ายบ้าน โครงสร้างมีหลากหลายรูปแบบ ในที่นี้ขอนำรูปแบบที่มี 7 องค์ประกอบ ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของบ้านคุณภาพ

- ความต้องการลูกค้าในส่วนนี้เป็นส่วนความต้องการของลูกค้าที่ได้ทำการจัดเรียงอย่างเป็นหมวดหมู่ และผ่านกระบวนการวิเคราะห์เรียบร้อยแล้ว โดยข้อมูลความต้องการของลูกค้าอาจถูกจัดเรียงอยู่ในรูปของแผนภูมิต้นไม้ (Tree Diagram) หรืออยู่ในรูปแผนผังกลุ่มเชื่อมโยง (Affinity Diagram)

- ข้อกำหนดทางเทคนิค เป็นส่วนของเทคนิคในการผลิตซึ่งเป็นภาษาที่รู้กันภายในองค์กรก็ได้ เพื่อให้เป็นที่เข้าใจกันภายในของทุกฝ่ายในองค์กร โดยจะเป็นข้อมูลทางเทคนิคที่จะใช้ในการตอบสนองความต้องการของลูกค้านั่นเอง ในการทำการวิเคราะห์กลุ่ม QFD จะทำการประชุมกลุ่มกันเพื่อวิเคราะห์หาเทคนิคที่จะนำมาใช้ในการตอบสนองความต้องการของลูกค้า โดยใช้เทคนิคการเปลี่ยนจากภาษาของลูกค้าที่มีความต้องการอย่างไรมาเป็นภาษาที่ใช้ในองค์กร เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า หลักในการทำมีดังนี้

- จะต้องทำการกำหนดว่าอะไรบ้างที่เป็นเทคนิคที่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้
- ทำการกำหนดเป้าหมายในการปรับปรุงให้สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า
- ทำการวิเคราะห์หาทิศทางในการปรับปรุงว่าควรเป็นอย่างไรแล้วใส่ไว้ในตารางโดยใช้สัญลักษณ์ต่อไปนี้



ควรปรับปรุงให้ดีกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ของเทคนิคต่าง ๆ



ควรปรับปรุงให้ได้น้อยกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ของเทคนิคต่าง ๆ



ควรปรับปรุงให้ได้เท่ากับเป้าหมายที่ตั้งไว้ของเทคนิคต่าง ๆ

- กำหนดแนวทางในการวัดผลการปรับปรุงของเทคนิคที่ได้นำมาใช้ด้วยถ้าสามารถทำได้

- ความสัมพันธ์ เป็นส่วนของทีมพัฒนาที่ได้จัดทำ QFD ใช้ในการวิเคราะห์ระดับความสัมพันธ์กันระหว่างความต้องการลูกค้า (WHATs) กับเทคนิคที่ใช้ในการผลิต (HOWs) โดยจะอยู่ในรูปของตารางเมตริก โดยที่บางเทคนิคอาจจะมีความสัมพันธ์กับความต้องการของลูกค้าได้หลายอย่าง ในขณะที่เดียวกันความต้องการของลูกค้าบางอย่างก็อาจจะมีสัมพันธ์กับเทคนิคได้หลายเทคนิค แต่ระดับของความสัมพันธ์นั้นอาจจะแตกต่างกันไปสัมพันธ์กันมากบ้าง น้อยบ้างแล้วแต่กรณี ดังนั้นในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในช่องนี้ จะมีการให้สัญลักษณ์ที่

แสดงถึงระดับความสัมพันธ์ของความต้องการ และเทคนิคที่ใช้ โดยทั่วไปมักนิยมใช้สัญลักษณ์ดังนี้

◎ สัญลักษณ์นี้แสดงถึงระดับความสัมพันธ์ของความต้องการของลูกค้า ที่มีอิทธิพลต่อเทคนิคที่ใช้ในการผลิตอย่างมาก (Strong linked)

☐ คะแนนความสัมพันธ์ คือ 9 (อาจจะใช้ 10, 7, 5 ก็ได้)

○ สัญลักษณ์นี้แสดงถึงระดับความสัมพันธ์ของความต้องการของลูกค้า ที่มีอิทธิพลต่อเทคนิคที่ใช้ในการผลิตอยู่ในระดับปานกลาง (Moderately linked)

☐ คะแนนความสัมพันธ์ คือ 3

△ สัญลักษณ์นี้แสดงถึงระดับความสัมพันธ์ของความต้องการของลูกค้า ที่มีอิทธิพลต่อเทคนิคที่ใช้ในการผลิตอยู่ในระดับเล็กน้อย มีความเกี่ยวเนื่องต่อกันอยู่บ้าง (Possibly linked)

☐ คะแนนความสัมพันธ์ คือ 1

⊕ สัญลักษณ์นี้แสดงถึงระดับความสัมพันธ์ของความต้องการของลูกค้า ที่ไม่มีอิทธิพลต่อเทคนิคที่ใช้ในการผลิตเป็นอย่างมาก (Not linked)

☐ คะแนนความสัมพันธ์ คือ 0 (ไม่มีความสัมพันธ์นั่นเอง)

- การกำหนดและเรียงลำดับความสำคัญ แบ่งเป็น 2 ด้านคือ
ลำดับความสำคัญความต้องการลูกค้า

เป็นการเรียงลำดับความสำคัญของความต้องการของลูกค้าซึ่งมีหลากหลายความต้องการในหนึ่งเรื่องที่ทำ QFD โดยข้อมูลอาจจะอยู่ในรูปของคะแนนเต็ม 10 หรือ 5 ก็ได้ ปกติแล้วจะเป็นหน้าที่ของทีม QFD ในการที่จะรวบรวมข้อมูลจากลูกค้าแล้วนำมาทำการวิเคราะห์เพื่อกำหนดระดับความสำคัญความต้องการของลูกค้า หรืออาจใช้แบบ

ประเมินที่ให้ลูกค้าเป็นผู้ประเมินกำหนดระดับความสำคัญของความต้องการนั้นด้วยตนเองเลยก็ได้

ลำดับความสำคัญทางเทคนิค

เป็นการเรียงลำดับความสำคัญของเทคนิคที่ใช้ซึ่งมีหลากหลายเทคนิค ในการที่เรียบเรียง และวิเคราะห์จัดระดับความสำคัญของเทคนิคที่ใช้ในการผลิตนั้นจะใช้การคำนวณโดยเอาคะแนนของระดับความสำคัญของความต้องการของลูกค้ามาคูณกับคะแนนความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการ และเทคนิคที่ใช้ จากนั้นก็ทำการหาผลรวมคะแนนในแนวดิ่ง (ผลรวมคะแนนของแต่ละเทคนิค) ค่าที่ได้คือคะแนนค่าจริง (Absolute) ทำการคำนวณเช่นนี้จนครบทุกเทคนิค และเรียงคะแนนที่ได้ โดยทั่วไปมักจะมีการหาค่าคะแนนออกมาอีกหนึ่งรูปแบบ คือ ค่าคะแนนสัมพัทธ์ (Relation)

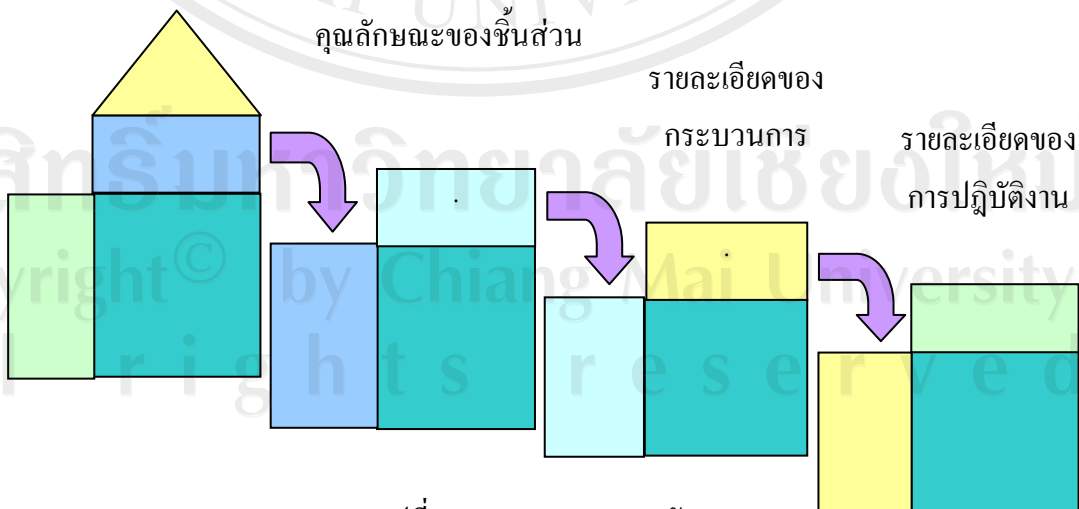
- QFD แบบ 4 ระดับ จะมีขั้นตอนในการดำเนินการ 4 ขั้นตอนที่วางไว้เป็นลำดับ โดยมีการนำเอาผลลัพธ์ (Output) ของบ้านคุณภาพ (House of Quality: HOQ) ที่ได้จากขั้นตอนก่อนหน้า ไปเป็นสิ่งนำเข้า (Input) ในตารางวิเคราะห์ของขั้นตอนถัดไปเรื่อย ๆ จนครบ 4 ขั้นตอน ดังรูปที่ 2.3

คุณลักษณะทางคุณภาพ

คุณลักษณะของชิ้นส่วน

รายละเอียดของกระบวนการ

รายละเอียดของการปฏิบัติงาน



รูปที่ 2.2 QFD แบบ 4 ระดับ

- คุณลักษณะทางคุณภาพ

ในขั้นนี้ความต้องการของลูกค้าจะถูกแปลงให้เป็นลักษณะ หรือ คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ (เทคนิคที่ใช้) โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์ของบ้าน คุณภาพ House of Quality: HOQ

- คุณลักษณะของชิ้นส่วน

ในขั้นนี้คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์จะถูกแปลงเป็นคุณสมบัติและข้อกำหนดของส่วนประกอบผลิตภัณฑ์ หรืออาจจะเรียกว่าเป็นการทำ Part Deployment นั้นเอง

- รายละเอียดของกระบวนการ

ในขั้นนี้คุณสมบัติ และข้อกำหนดของส่วนประกอบผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จะถูกแปลงให้เป็นคุณสมบัติของกระบวนการ

- รายละเอียดของการปฏิบัติงาน

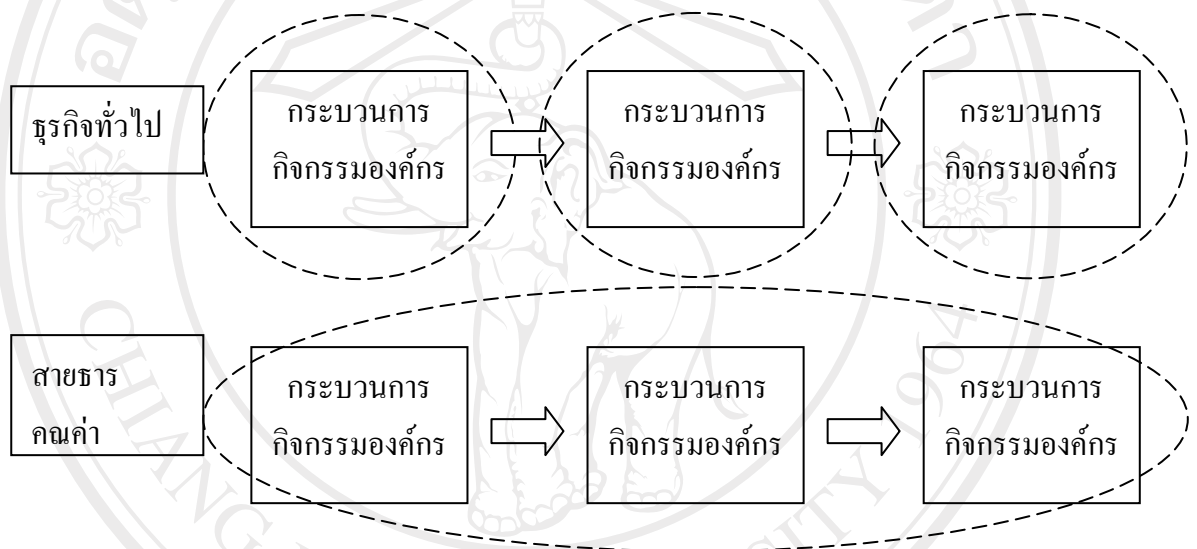
ในขั้นนี้คุณสมบัติของกระบวนการจะถูกนำมาออกแบบ วางแผน และกำหนดวิธีการควบคุม หรืออาจจะเรียกว่าเป็นการทำ การวางแผนการผลิต นั้นเอง

หลังจากที่ทีม QFD เริ่มดำเนินการจากขั้นตอนที่ 1 คือ Product Planning และดำเนินการต่อไปจนถึงขั้นตอนของ Process Control Planning ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายก็จะสามารถสร้างผลิตภัณฑ์ หรือบริการที่สามารถตอบสนองความต้องการ และความพึงพอใจของลูกค้าได้

2.5 หลักการสายธารคุณค่า

สายธารคุณค่า คือ การกระทำและสารสนเทศที่มีคุณค่าเพิ่ม (Value Adding : VA) และไม่มีคุณค่าเพิ่ม (Non-Value-Adding: NVA) ที่อยู่ในการผลิตสินค้าหรือบริการที่ต้องการโดยผ่านกระบวนการธุรกิจ ซึ่งเริ่มตั้งแต่วัตถุดิบจนถึงลูกค้า การวิเคราะห์กิจกรรมที่มีคุณค่าในการดำเนินงาน คือ การทำความเข้าใจว่าอะไรคือคุณค่าและความสูญเสีย (Wastes) ทั้งในและนอกองค์กรที่อยู่ในความสัมพันธ์ต่อการผลิต โดยมีการบริหารจัดการที่เชื่อมโยงกัน

แนวคิดของการบริหารปรับปรุงในสายธารคุณค่าที่สำคัญคือ การพิจารณากระบวนการ กิจกรรม หรือองค์กรที่อยู่ในการผลิตเข้าด้วยกันซึ่งต่างกับธุรกิจทั่วไปดังแสดงในรูปที่ 2.4 ทั้งนี้ในสายธารคุณค่าจะทำให้เห็นการไหลของวัตถุดิบและสารสนเทศทั้งหมดและเลือกปรับปรุงส่วนที่ทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดจากการวิเคราะห์หาจุดที่ทำให้เกิดความสูญเสียมากที่สุด การมุ่งเน้นการทำงานปรับปรุงเฉพาะเจาะจงกระบวนการ กิจกรรม หรือ องค์กร โดยไม่มีการวางแผนร่วมกันอาจทำให้ผลที่ได้ไม่มีความสำคัญต่อการปรับปรุง throughput ของโซ่อุปทาน



รูปที่ 2.3 ฟังงานสายธารคุณค่า (Value Stream Mapping)

ฟังงานสายธารคุณค่า (Value Stream Mapping) เป็นการแสดงให้เห็นถึงการไหลของวัตถุดิบและสารสนเทศ จากการรวบรวมกระบวนการทั้งหมดสำหรับการนำพากระบวนการ (Processes) ไปตลอดกระบวนการผลิต หรือ การบริการ หรือจาก วัตถุดิบส่งไปถึงลูกค้า โดยการแสดงถึงกิจกรรมที่มีคุณค่าเพิ่ม (Value added) และ กิจกรรมที่ไม่มีคุณค่าเพิ่ม (Non-value added) เพื่อบ่งชี้กิจกรรมที่ก่อให้เกิดความสูญเสีย (Wastes) ที่จะนำมาใช้ในการจัดการลดเวลานำ (Lead time) และลดต้นทุนในโซ่อุปทาน ความสูญเสียเป็นกิจกรรมทั้งหมดที่ใช้ทรัพยากรซึ่งทำให้เกิดต้นทุนต่อผลิตภัณฑ์แต่ไม่เกิดมูลค่าต่อลูกค้า ความสูญเสียประกอบไปด้วยเกณฑ์ 7 ข้อ คือ การผลิตที่มากเกินไป (Overproduction) การรอคอย (Waiting) การขนส่ง (Transportation) การดำเนินงานที่ไม่เหมาะสม (Inappropriate Processing) สินค้าคงคลังที่ไม่จำเป็น (Unnecessary Inventory) การเคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น (Unnecessary Motion) และข้อบกพร่อง (Defects)

2.6 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ใช้เปรียบเทียบและตัดสินใจเลือกแนวทางการแก้ปัญหาของระบบ โดยพิจารณาลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจสำหรับดำเนินการในปัจจุบันและสำหรับการดำเนินการในอนาคต ส่วนมากที่กล่าวถึงจะเป็นลักษณะที่สอง กล่าวคือ เป็นการคาดคะเนค่าใช้จ่าย และผลได้ต่างๆ เพื่อกำหนดหาแนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุดสำหรับอนาคต

ตัวอย่างหลักการและแนวความคิดต่างๆ ในการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ที่ควรทราบ เช่น

- ในการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ควรแยกองค์ประกอบออกเป็นส่วนที่สามารถวิเคราะห์เป็นตัวเลข และส่วนที่ไม่สามารถวิเคราะห์เป็นตัวเลขที่แท้จริงได้
- การลงทุนหรือส่วนอื่นๆ ของรายได้และรายจ่ายในอดีตเป็นส่วนซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ การตัดสินใจที่เป็นเรื่องของอนาคตไม่ต้องนำส่วนซึ่งได้ผ่านไปแล้วมาคิดรวม
- รายละเอียดข้อมูลต่างๆ ควรพิจารณาจากช่วงระยะเวลาเดียวกัน ดังนั้นการเปรียบเทียบจะมาจากมาตรฐานการเปรียบเทียบเดียวกัน
- ความแตกต่างของแนวทางปฏิบัติเป็นองค์ประกอบสำคัญสำหรับการตัดสินใจ การศึกษาความแตกต่างของแต่ละแนวทางเปรียบเทียบกับแนวทางอื่นจะช่วยให้ตัดสินใจได้ถูกต้องยิ่งขึ้น

2.6.1 การตัดสินใจเรื่องการเพิ่มผลผลิต

ผู้ผลิตควรตระหนักดีว่าการเพิ่มการผลิตเพื่อที่จะขายได้มากขึ้นไม่ได้หมายถึงการได้กำไรเพิ่มมากอย่างเดียว ทั้งนี้เพราะว่าการผลิตเพิ่มจะต้องลงทุนมากขึ้นด้วย ดังนั้นการตัดสินใจเพื่อเพิ่มผลผลิตจึงสำคัญมาก การตัดสินใจผิดพลาดจะสิ้นเปลืองต้นทุนไปกับส่วนของงานที่ต้องทำเพิ่ม จึงต้องทำการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน เช่น ใช้โปรแกรม Mixsim ประกอบการพิจารณา Mixsim เป็นเครื่องมือที่ใช้กันอย่างกว้างขวางสำหรับการวิเคราะห์เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ พลังงาน และความดันของของเหลวเคลื่อนที่ในถังผสม จากโปรแกรมสามารถสร้างถังผสมจำลอง ทำนายลักษณะการผสม แบบแผนการไหล และปรากฏการณ์ต่างๆ ได้ เช่น ปฏิกริยาเคมี โดยสามารถสร้างภาพและรายงานผลเป็นตัวเลขอย่างสมบูรณ์

2.6.2 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

จุดคุ้มทุนหรือจุดเท่าทุน คือ จุดซึ่งรายได้จากการลงทุนคุ้มกับค่าลงทุน หรืออีกนัยหนึ่งหมายถึงจุดที่แสดงค่าใช้จ่ายกับรายรับเท่ากัน ซึ่งมีความหมายว่าเป็นจุดซึ่งมีกำไรเป็นศูนย์นั่นเอง การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของต้นทุน รายได้ และผลกำไร ซึ่งแปรผันไป

ตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการผลิต ด้วยเหตุนี้บางทีจึงเรียกว่าการวิเคราะห์ต้นทุน-ปริมาณการผลิต-ผลกำไร

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางเศรษฐศาสตร์ของสถานะต่างๆ ในระยะสั้น และข้อมูลทีวิเคราะห์จะต้องค่อนข้างแน่นอนเพื่อการตัดสินใจที่ถูกต้อง ผลของการวิเคราะห์จะใช้ได้เมื่อเงื่อนไขและสภาพการณ์ต่างๆ ยังไม่เปลี่ยนแปลง การสร้างแผนภูมิสำหรับการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนจะสามารถทำให้เข้าใจความสัมพันธ์ของกำไรและปริมาณการผลิตอย่างชัดเจน และเป็นประโยชน์สำหรับการกำหนดนโยบายการผลิตและการควบคุมค่าใช้จ่าย

2.7 หลักการของเทคนิคการควบคุมกระบวนการผลิตเชิงสถิติ

ในการผลิตสินค้า เป็นไปไม่ได้ที่จะผลิตสินค้า 2 ชิ้นให้เหมือนกันทุกประการสาเหตุเนื่องมาจากความแปรปรวนในกระบวนการผลิต ซึ่งความแปรปรวนในกระบวนการผลิตแบ่งเป็น 2 ประเภท คือความแปรปรวนตามธรรมชาติมีผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์น้อย ได้แก่ ความแปรปรวนที่เกิดจากวิธีการทำงาน พนักงานเกิดความเมื่อยล้า หรือสภาพความต่างกันของเครื่องจักร เป็นต้น และ ความแปรปรวนจากความผิดปกติของกระบวนการ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์มาก ได้แก่ ความแปรปรวนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของวัตถุดิบ เครื่องจักร หรือเกิดความผิดปกติกับอุปกรณ์ เครื่องใช้ในการผลิต เป็นต้น ซึ่งความแปรปรวนประเภทนี้ที่องค์กรต้องกำจัดและหาทางป้องกันแก้ไข

ดังนั้นการผลิตสินค้าให้ตรงกับความต้องการของลูกค้าต้องมีการควบคุมความผันแปรในกระบวนการ เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของสินค้า เครื่องมือที่นิยมนำมาใช้ในการควบคุมความแปรปรวน ได้แก่ แผนภูมิควบคุม (Control Chart) ซึ่งถือว่าเป็นเครื่องมือพื้นฐานของการควบคุมกระบวนการผลิตเชิงสถิติ (Statistical Process Control; SPC) โดยจะช่วยเฝ้าระวังกระบวนการ และเตือนเมื่อมีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นในกระบวนการ และนำไปสู่การแก้ไขได้อย่างทันทั่วทั้ง

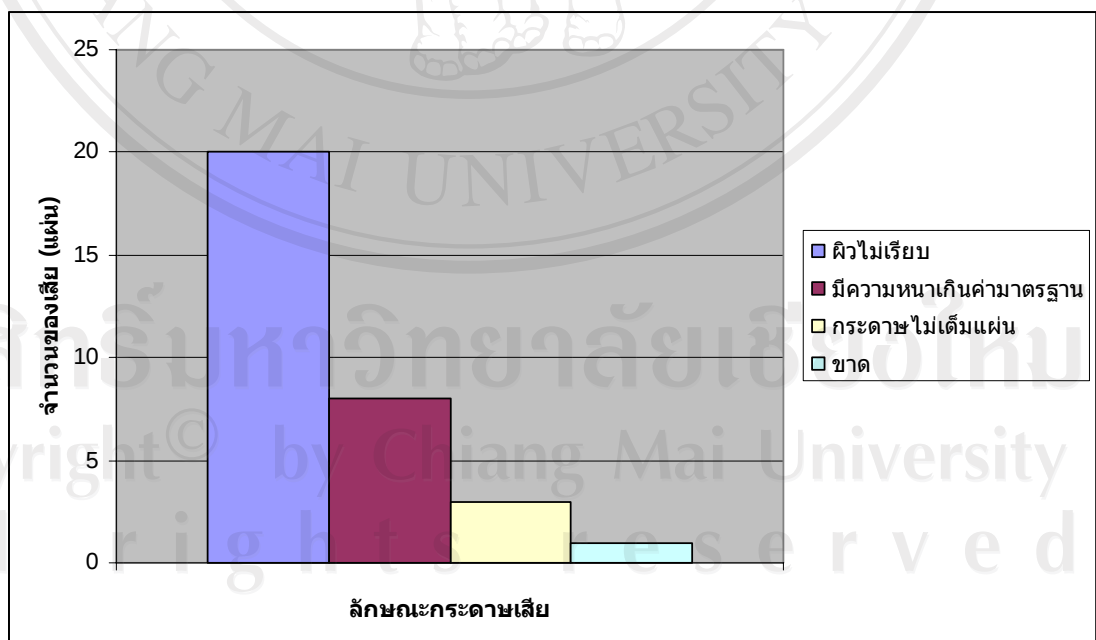
การปรับปรุงคุณภาพเป็นกิจกรรมที่สำคัญในอุตสาหกรรมการผลิต มีประโยชน์หลายประการ ได้แก่ ช่วยลดต้นทุนการผลิต สร้างความพึงพอใจให้แก่ลูกค้า และเพิ่มผลกำไร เป็นต้น ทั้งนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อการเพิ่มของผลกำไร ได้แก่ การแข่งขันด้านการตลาดเมื่อองค์กรมีส่วนแบ่งการตลาดที่เพิ่มขึ้น จะทำให้รายได้และกำไรเพิ่มขึ้น แต่ในขณะที่ส่วนแบ่งการตลาดลงที่ การปรับปรุงคุณภาพจึงมีส่วนสำคัญในการเพิ่มผลกำไร ดังนั้นเทคนิคการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติจึงเป็นเทคนิควิธีหนึ่งที่จะใช้ในการปรับปรุงคุณภาพ ซึ่งเป็นที่แพร่หลายและถูกใช้มาเป็นระยะเวลานาน ซึ่งหลักการของเทคนิคนี้จะอธิบายในหัวข้อต่อไป

2.7.1 เทคนิคการควบคุมกระบวนการผลิตเชิงสถิติ

แม้ว่าเทคโนโลยีการผลิตจะพัฒนาไปมาก แต่ในการผลิตจริงก็ยังพบความแตกต่างระหว่างผลิตภัณฑ์ โดยอาจเกิดจากความแปรปรวนในกระบวนการผลิตนั่นเอง ความแปรปรวนของคุณภาพของผลิตภัณฑ์มีสาเหตุมาจากปัจจัย 4 ประการคือ 1) ความแปรปรวนของวัตถุดิบที่ใช้ 2) ความแปรปรวนของเครื่องจักรอุปกรณ์การผลิต 3) ความแปรปรวนของวิธีการทำงาน 4) ความแปรปรวนของผู้ปฏิบัติงาน ดังนั้นเทคนิคการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติจึงถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้จัดการ “ความแปรปรวน” ในกระบวนการผลิต โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเฝ้าระวังกระบวนการและเตือนเมื่อมีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นในกระบวนการ เพื่อหาสาเหตุและแก้ไขได้อย่างทันท่วงที ในขั้นตอนนี้อาจจะประยุกต์ใช้เครื่องมือการควบคุมคุณภาพทั้ง 7 ชนิด (7 QC tools) ประกอบไปด้วย

- ฮิสโตแกรม (Histogram) คือ กราฟแท่งชนิดหนึ่ง แสดงการกระจายความถี่ของข้อมูลโดยจะแสดงข้อมูลเป็นหมวดหมู่มีวัตถุประสงค์
 - เพื่อศึกษารูปแบบการกระจายของข้อมูลและแนวโน้ม
 - เพื่อแสดงความถี่ของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น
 - เพื่อใช้เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์หรือมาตรฐานที่กำหนด

ตัวอย่างของฮิสโตแกรม ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงตัวอย่างฮิสโตแกรม

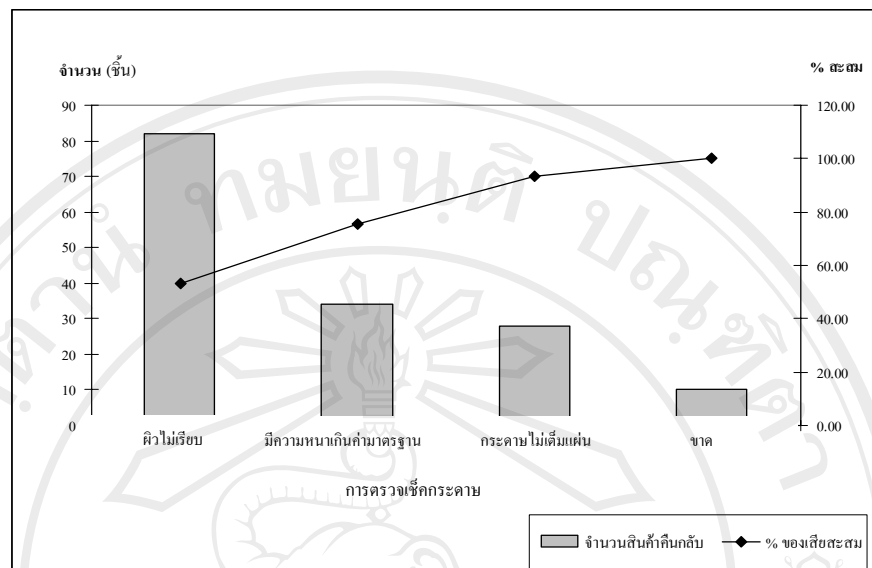
- แผ่นตรวจสอบ (Check Sheet) คือตาราง แผนผัง หรือรายการที่ออกแบบไว้เพื่อความสะดวกในการบันทึกข้อมูลมีวัตถุประสงค์
 - เพื่อใช้เก็บข้อมูลได้ง่ายและถูกต้อง
 - เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้ง่าย และนำไปใช้ประโยชน์ในการตัดสินใจ
 ตัวอย่างของแผ่นตรวจสอบการตรวจเช็คดังแสดงในรูปที่ 2.5

ข้อมูลการตรวจเช็คกระดาษ		ว/ด/ป12 ตค. 2549.....
ชื่อพนักงาน <u>สมศรี มณีศรี</u>		จำนวนตรวจเช็ค.....150.....
ผู้ตรวจสอบ <u>สมชาย จรดปลายเท้า</u>		

ลักษณะกระดาษเสีย	จำนวน	รวม
ผิวไม่เรียบ		20
มีความหนาเกินค่ามาตรฐาน		8
กระดาษไม่เต็มแผ่น		3
ขาด		1
รวมของเสีย		32

รูปที่ 2.5 แสดงตัวอย่างแผ่นตรวจสอบ

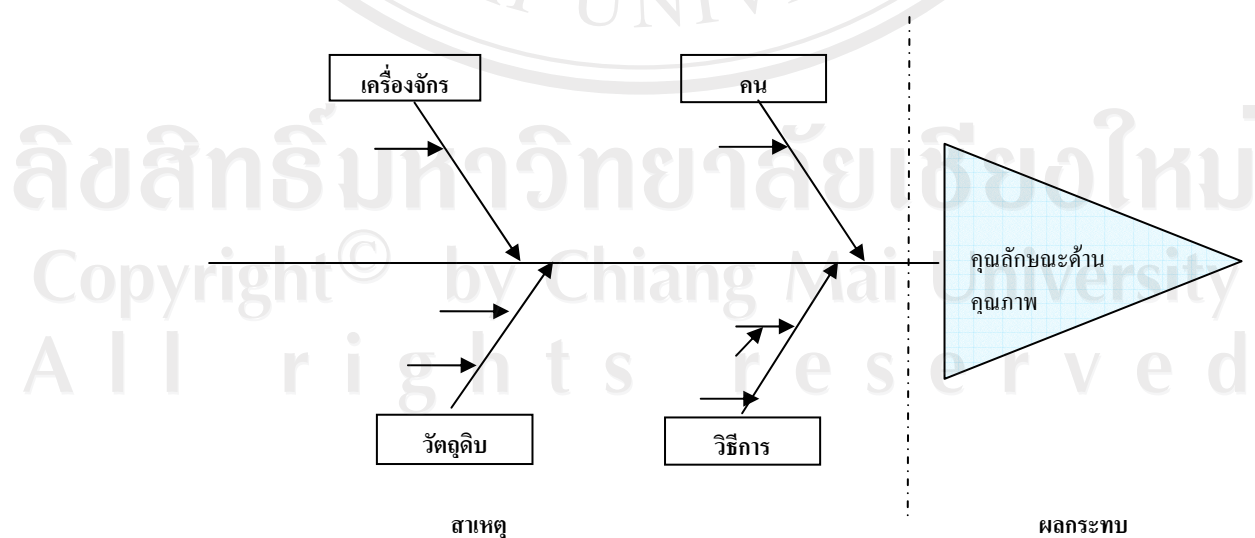
- แผนผังพาเรโต้ (Pareto Chart) คือแผนภูมิที่ใช้สำหรับตรวจสอบปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ว่าปัญหาใดเป็นปัญหาที่สำคัญที่สุด โดยนำปัญหา หรือสาเหตุเหล่านั้นมาจัดหมวดหมู่หรือแยกประเภทแล้วเรียงลำดับตามความสำคัญจากมากไปหาน้อยมีวัตถุประสงค์
 - เพื่อแสดงลำดับความสำคัญของปัญหาว่ามีมากน้อยเพียงใด
 - เพื่อแสดงให้เห็นว่าแต่ละปัญหามีอัตราส่วนเท่าใด เมื่อเทียบกับปัญหาทั้งหมด
 ตัวอย่างแผนผังพาเรโต้จากการตรวจเช็คกระดาษสาและแยกลักษณะกระดาษสาเสีย ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงตัวอย่างแผนผังพารได้

- แผนผังเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) คือ แผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลลัพธ์ (Effect) กับสาเหตุ (Causes) มีวัตถุประสงค์
 - เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุที่ทำให้เกิดผลลัพธ์ (มักจะเป็น“ผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนา” หรือ“ผลลัพธ์ที่ไม่อยากให้เกิดขึ้น”)
 - เพื่อกำหนดแนวทางการแก้ปัญหา

ตัวอย่างแผนผังเหตุและผลดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงตัวอย่างแผนผังเหตุและผล

- กราฟ (Graphs) คือ เครื่องมือที่ใช้ในการแสดง หรือแปลข้อมูลเป็นภาพที่เห็นได้ชัด และเข้าใจง่าย อาจเป็นกราฟแท่ง กราฟเส้น กราฟวงกลม เป็นต้น เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ขั้นสูงต่อไปมีวัตถุประสงค์

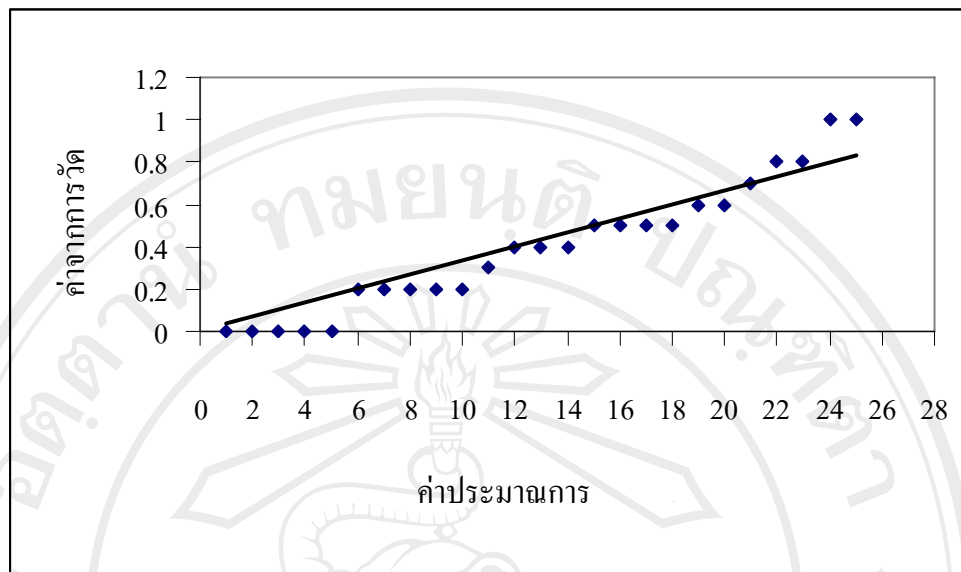
- เพื่อใช้อธิบายผลหรือสิ่งต่าง ๆ ด้วยกราฟที่สามารถเข้าใจได้ง่าย
- เพื่อใช้วิเคราะห์ข้อมูล
- เพื่อใช้ในการควบคุม
- เพื่อใช้บันทึกข้อมูลที่เก็บได้

ตัวอย่างกราฟการตรวจเช็คน้ำหนักกระดาศาแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แสดงตัวอย่างกราฟ

- แผนผังการกระจาย (Scatter Chart) คือ แผนผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไรในเชิงสถิติสหสัมพันธ์ (Correlation) มีวัตถุประสงค์
 - เพื่อแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวที่เกี่ยวข้องกับ กระบวนการผลิต
 - เพื่อใช้เป็นแนวทางในการควบคุมกระบวนการให้ได้คุณภาพตามที่กำหนด
- ตัวอย่างแผนผังการกระจายดังแสดงในรูปที่ 2.9

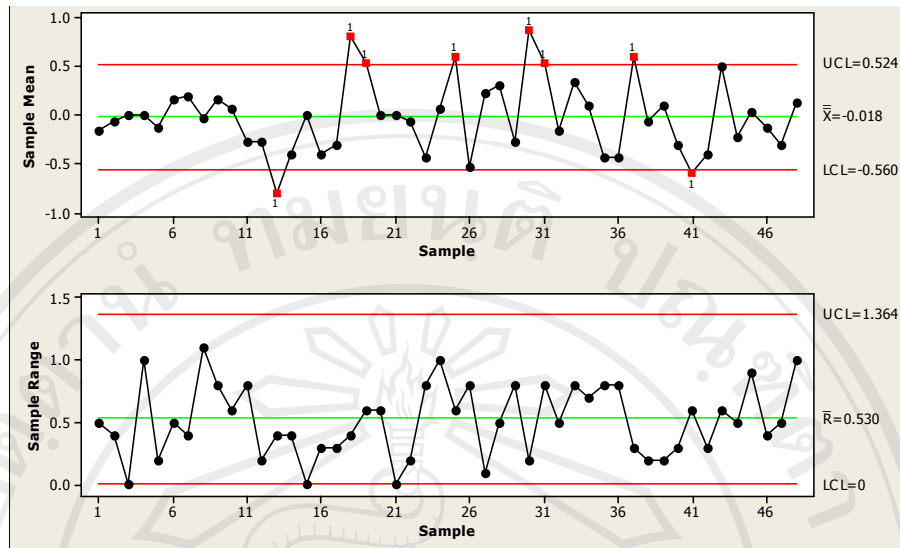


รูปที่ 2.9 แสดงตัวอย่างแผนผังการกระจาย

- แผนภูมิควบคุม (Control Chart) คือ แผนภูมิหรือกราฟ โดยอาศัยข้อมูลจากข้อกำหนดทางเทคนิค (Specification) ที่ระบุคุณสมบัติทางคุณภาพข้อใดข้อหนึ่งของผลิตภัณฑ์และต้องการจะควบคุม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการติดตามกระบวนการผลิตขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง โดยการตรวจวัดแล้วเขียนบันทึกลงในแผนภูมิซึ่งประกอบด้วย 3 เส้น (โดยปกติ) ได้แก่ เส้นค่ากลาง (Center Line หรือ CL) คือ เส้นที่แสดงค่าเป้าหมายในการผลิต เส้นขีดจำกัดควบคุมบน (Upper Control Limit หรือ UCL) และเส้นขีดจำกัดควบคุมล่าง (Lower Control Limit หรือ LCL) ที่อนุญาตให้มีความคลาดเคลื่อนในการผลิตเกิดขึ้นได้ ตัวอย่างแผนภูมิควบคุม ดังแสดงในรูปที่ 2.10

2.7.2 สาเหตุของความผันแปร

โดยธรรมชาติของกระบวนการผลิตมีความผันแปร (Variation) โดยความผันแปรบางชนิดเกิดขึ้นเป็นปกติและยอมให้เกิดขึ้นได้ โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ แต่ความผันแปรบางชนิดเมื่อเกิดขึ้นแล้วจะทำให้เกิดความเสียหายต่อผลิตภัณฑ์เพราะทำให้ขนาดหรือคุณสมบัติบางประการผิดไปจากมาตรฐานกำหนด ดังนั้นการเข้าใจสาเหตุของความผันแปรจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง และความผันแปรของกระบวนการมีสาเหตุสำคัญมาจาก 2 แหล่งคือ



รูปที่ 2.10 แสดงตัวอย่างแผนภูมิควบคุม

- สาเหตุที่เป็นปกติวิสัย หรือสาเหตุโดยบังเอิญ (Chance Cause) เป็นกลุ่มสาเหตุของความผันแปรที่ไม่มีความรุนแรงและไม่มีผลต่อคุณภาพของสินค้าที่ผลิตได้ ซึ่งเกิดจากความผันแปรหรือความแตกต่างเล็กน้อย ๆ ของวัตถุดิบ หรือปัจจัยการผลิตต่าง ๆ ซึ่งแน่นอนที่สุดว่าไม่มีของสองสิ่งเหมือนกันทุกประการ วัตถุดิบ 100 ชิ้นที่มีขนาดตรงตามสเปกทั้ง 100 ชิ้นก็มีความแตกต่างกัน เพียงแต่ความแตกต่างเหล่านั้นอยู่ในพิสัยที่ข้อกำหนดทางเทคนิคอนุญาตฉะนั้นความผันแปรในคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากสาเหตุที่เป็นปกติวิสัย ในกระบวนการผลิต เป็นสิ่งที่ยอมรับได้ในการควบคุมคุณภาพด้วยแผนภูมิควบคุม

- สาเหตุที่ระบุได้ หรือสาเหตุที่กำจัดได้ (Assignable Cause) เป็นกลุ่มสาเหตุของความผันแปรที่เกิดจากความผิดพลาด ความผิดปกติ การชำรุดของอุปกรณ์ ความผันแปรที่เกิดขึ้นจะส่งผลทำให้คุณภาพตามเกณฑ์ของปัจจัยการผลิต ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่ใช่เป็นปกติวิสัย จำเป็นต้องได้รับการกำจัดหรือแก้ไขจึงจะทำให้คุณภาพของงานผลิตกลับเข้าสู่สภาวะปกติ

ในแผนภูมิควบคุมเมื่อมีจุด (ซึ่งเขียนจากการเก็บข้อมูลและวัดค่าผลิตภัณฑ์ตัวอย่างจากการผลิต) อยู่นอกเส้นขอบเขตควบคุม แสดงว่ามีสิ่งผิดปกติที่เกิดจากสาเหตุที่ระบุได้ ในกระบวนการผลิตและเรียกสภาวะการผลิตนั้นว่า กระบวนการผลิตอยู่นอกควบคุม (The Process is out of Control) ก่อนสร้างแผนภูมิควบคุม จำเป็นต้องทราบขนาด

ของความผันแปร (Variation) ที่เกิดจากสาเหตุที่เป็นปกติวิสัยของกระบวนการผลิตนั้น ก่อนซึ่งในการนี้แบ่งข้อมูลเป็นกลุ่มย่อย (Subgroups) โดยหาค่าความผันแปรภายในกลุ่มย่อยเป็นค่าประมาณของความผันแปรที่เกิดจากสาเหตุที่เป็นปกติวิสัย

แผนภูมิควบคุมมีหลายชนิด แต่มีหลักการเดียวกันคือ แผนภูมิควบคุมชนิด 3 ซิกมา (3-Sigma Control Charts) กล่าวคือ เป็นแผนภูมิควบคุมที่มีระยะห่างของเส้นขีดจำกัดควบคุมบน ห่างจากเส้นค่ากลางอยู่เท่ากับ 3 หน่วยซิกมา โดยซิกมาคือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลจากกระบวนการผลิต ซึ่งเกิดจากสาเหตุที่เป็นปกติวิสัยในกระบวนการผลิตนั้น

2.7.3 ชนิดของแผนภูมิควบคุม (Types of Control Charts)

แผนภูมิควบคุมแบ่งได้เป็น 2 ประเภท โดยพิจารณาจากคุณลักษณะของตัวแปรที่ใช้เขียนแผนภูมิคือ

- แผนภูมิควบคุมชนิดข้อมูลมีค่าต่อเนื่องหรือข้อมูลจากหน่วยวัด (Continuous Values)
- แผนภูมิควบคุมชนิดข้อมูลมีค่าเป็นค่าแฉ่งนับ

ในงานวิจัยนี้จะใช้เฉพาะแผนภูมิควบคุมที่ข้อมูลจากหน่วยวัดเท่านั้นซึ่งชนิดของแผนภูมิควบคุมดังแสดงในตารางที่ 2.2 และสูตรคำนวณที่ต้องใช้ในการสร้างแผนภูมิควบคุมแต่ละชนิดดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.1 ชนิดของแผนภูมิควบคุม

ลักษณะจำเพาะของค่าที่จะควบคุม	แผนภูมิควบคุมที่ใช้
1.ข้อมูลมีค่าต่อเนื่องหรือข้อมูลจากหน่วยวัด	$\bar{x}$ -R Chart (แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย)
	$\bar{x}$ -Chart (แผนภูมิควบคุมค่าวัด)

ตารางที่ 2.2 แสดงรายการสูตรคำนวณที่ต้องใช้ในการสร้างแผนภูมิควบคุมแต่ละชนิด

ชนิดของแผนภูมิควบคุม	UCL, CL, LCL
$\bar{x}$ -Chart	$UCL = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$ $CL = \bar{\bar{x}}$ $LCL = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$

ตารางที่ 2.2 แสดงรายการสูตรคำนวณที่ต้องใช้ในการสร้างแผนภูมิควบคุมแต่ละชนิด (ต่อ)

ชนิดของแผนภูมิควบคุม	UCL, CL, LCL
R – Chart	$UCL = D_4 \bar{R}$ $CL = \bar{R}$ $LCL = D_3 \bar{R}$
$\bar{x}$ – Chart	$UCL = \bar{\bar{x}} + 2.66 \bar{R}_s$ $CL = \bar{\bar{x}}$ $LCL = \bar{\bar{x}} - 2.66 \bar{R}_s$

เมื่อ

UCL = เส้นขีดจำกัดควบคุมบน (Upper Control Limit)

CL = เส้นค่ากลาง (Center Line)

LCL = เส้นขีดจำกัดควบคุมล่าง (Lower Control Limit)

2.7.4 ลักษณะเฉพาะตัวของแผนภูมิควบคุม

- แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย ($\bar{x}$ – R Charts) เป็นแผนภูมิที่อาศัยค่าหน่วยวัด (x) และค่าเฉลี่ย $\bar{x}$ ของกลุ่มย่อยในการควบคุม โดยหน่วยวัด (x) อาจเป็นขนาด ความยาว น้ำหนัก ความหนาแน่น ความถ่วงจำเพาะของของเหลว เป็นต้น หรือ ปริมาณน้ำหนักรต่อ 1 หน่วยบรรจุ เช่น น้ำหนักของเนื้อแป้งภายใน 1 กระป๋องที่บรรจุเสร็จแล้ว $\bar{x}$ หาได้จากค่าเฉลี่ยของกลุ่มย่อย (Subgroup) และค่า R คือพิสัย ภายในกลุ่มย่อยนั้น เรามักจะใช้แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$ - Chart) คู่กับ แผนภูมิควบคุมค่าพิสัย (R – Chart) เพื่อควบคุมความผันแปรในกลุ่มย่อย
- แผนภูมิควบคุมค่าวัด (x – Chart) เป็นแผนภูมิควบคุมที่ใช้เลขค่าวัด (x) เดียวแต่จะตัวมาพล็อตลงในแผนภูมิโดยไม่หาค่าเฉลี่ยของค่าวัดจากกลุ่มย่อยก่อนค่าพิสัย (R) ของกลุ่มย่อยจึงไม่มี (เพราะมีข้อมูลเพียง 1 ตัว) จึงอาศัยพิสัยเคลื่อนที่ (Moving Range) ซึ่งวัดเทียบกันระหว่างค่าวัดที่อยู่ต่อเนื่องกันเป็นหลักในการคำนวณหาค่าขอบเขตควบคุม

2.7.5 ประโยชน์ของแผนภูมิควบคุม

แผนภูมิควบคุม เป็นเทคนิคทางสถิติที่สำคัญในการควบคุมกระบวนการการผลิต และมีประโยชน์หลายประการสรุปได้ดังนี้

- ควบคุมกระบวนการผลิต สิ่งที่ต้องการควบคุมจะถูกสุ่มตัวอย่างและพล็อตบนแผนภูมิควบคุมเป็นระยะ ถ้าไม่แสดงความผิดปกติก็แสดงว่ากระบวนการผลิตยังอยู่ในการควบคุม เมื่อจุดแสดงความผิดปกติผู้ควบคุมกระบวนการผลิตก็ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิตให้กลับสู่สภาพปกติได้อย่างทันทั่วทั้งที่ นอกจากนี้ลักษณะการกระจายของจุดในแผนภูมิควบคุมสามารถใช้คาดการณ์สภาพการณ์ของกระบวนการผลิตในอนาคต
- แผนภูมิควบคุมช่วยเพิ่มผลผลิต แผนภูมิควบคุมมีส่วนสำคัญสำหรับการลดจำนวนของเสียและการทำซ้ำ ตัวอย่างเช่น แผนภูมิควบคุมของเสีย และแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย การลดของเสียจากการผลิต และการลดการทำซ้ำก็ช่วยเพิ่มผลผลิตให้กับกระบวนการ
- แผนภูมิควบคุมช่วยป้องกันปัญหาด้านคุณภาพ แผนภูมิควบคุมช่วยให้กระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมตลอดเวลา เมื่อใดที่กระบวนการผลิตเริ่มผิดปกติแผนภูมิควบคุมจะแสดงให้เห็นทราบ ทำให้ผู้ควบคุมเครื่องจักรหรือกระบวนการผลิตไม่ผลิตของเสีย หรือด้อยคุณภาพเป็นการลดต้นทุนการผลิต
- แผนภูมิควบคุมช่วยป้องกันการปรับแต่งกระบวนการโดยไม่จำเป็น แผนภูมิควบคุมสามารถแยกแยะสภาพความแปรปรวนของกระบวนการผลิต ว่าเมื่อใดเป็นความแปรปรวนตามสภาพธรรมชาติ เมื่อใดเป็นสภาพความแปรปรวนที่เกิดจากความผิดปกติ ถ้าผู้ควบคุมเครื่องจักรหยุดเครื่องจักร เพื่อปรับแต่งกระบวนการผลิตโดยไม่จำเป็น อาจทำให้กระบวนการผลิตที่ดีอยู่แล้วผิดปกติ แผนภูมิควบคุมเป็นตัวกำหนดว่าเมื่อใดควรปรับแต่งกระบวนการผลิตกล่าวอีกนัยหนึ่งคือถ้ากระบวนการผลิตยังปกติคืออยู่ที่ไม่จำเป็นต้องปรับแต่งกระบวนการผลิตให้เสียเวลาและค่าใช้จ่าย

- แผนภูมิควบคุมให้ข้อมูลเพื่อแก้ไขในกระบวนการผลิต การวิเคราะห์การกระจายของข้อมูลในแผนภูมิควบคุมอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ จะให้ข้อมูลเพื่อการแก้ไขกระบวนการผลิต เช่น การเปลี่ยนชนิดของวัตถุดิบ การเปลี่ยนวิธีการทำงาน การเปลี่ยนแปลงรูปแบบทางวิศวกรรม เป็นต้น

การดำเนินงานเพื่อผลิตสินค้าหรือบริการที่มีคุณภาพดี เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า เป็นภารกิจสำคัญของผู้บริหารทุกระดับที่ต้องให้ความสนใจ อาจกล่าวได้ว่าคุณภาพของสินค้าหรือบริการ คือเงื่อนไขสำคัญที่กำหนดระดับความสำเร็จและอยู่รอดหรือล้มเหลวของธุรกิจ เครื่องมือคุณภาพ 7 ประการช่วยตรวจสอบปัญหา วิเคราะห์ปัญหา ตลอดจนแก้ไขปัญหโดยแผนภูมิควบคุมเป็นเครื่องมือหลักเพื่อตรวจสอบปัญหาเบื้องต้น นอกจากเครื่องมือคุณภาพทั้ง 7 ประการแล้ว ยังมีการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability) เพื่อให้ทราบว่ากระบวนการผลิตมีความผันแปร และศักยภาพในการผลิตมากน้อยเพียงใด [7]

2.8 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มาตรฐานกระดาสาและผลิตภัณฑ์ยังไม่มีความใดกล่าวถึงอย่างชัดเจน เนื่องจากผลิตภัณฑ์หัตถกรรมเป็นงานศิลปหัตถกรรมที่แต่ละชิ้นงานก็จะมีมีความแตกต่างกัน ผลิตขึ้นมาใช้สอยในครัวเรือน แต่จากความต้องการของตลาดต่างประเทศที่เน้นในเรื่องของคุณภาพและการออกแบบตลอดจนความสม่ำเสมอของคุณภาพของสินค้า ทำให้การผลิตกระดาสาและผลิตภัณฑ์ได้เปลี่ยนแปลงไปเป็นการผลิตให้มีมาตรฐานมากขึ้น เช่นการกำหนดมาตรฐานของกระดาสา การนำเครื่องมือเครื่องจักรมาใช้ในการผลิตในบางขั้นตอนมากขึ้น เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีมาตรฐานขึ้นด้านการผลิต ควรมีการควบคุมคุณภาพในขั้นตอนการผลิตให้เหมาะสมตลอดจนการยอมเสียให้สม่ำเสมอ และการบริหารจัดการการผลิตให้มีประสิทธิภาพ สร้างแรงงานที่มีฝีมือ และความชำนาญผู้ผลิต จะต้องติดตามความเคลื่อนไหวของตลาดอยู่เสมอ และผลิตให้ตรงกับความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย ถ้าเป็นระดับฐานะดี รสนิยมสูงผลิตภัณฑ์ที่ส่งออกจะต้องเน้นคุณภาพให้ได้มาตรฐานรูปแบบดี ฝีมือต้องละเอียดประณีต ส่วนตลาดระดับกลางต้องเน้นรูปแบบให้ตรงกับรสนิยมและสอดคล้องกับชีวิตประจำวัน ส่วนสินค้าประเภทของขวัญของที่ระลึก ต้องเน้นช่วงเทศกาลต่าง ๆ ที่สิ้นที่ตลาดต้องการ ดังนั้นการศึกษาวิจัยตลาดต่างประเทศให้ทราบข้อมูล ข่าวสารด้านการตลาด และความต้องการของลูกค้า จึงเป็นความจำเป็นที่รัฐควรช่วยเหลือในประเด็นนี้ โดยเฉพาะกลุ่มเกษตรกร เพื่อใช้เป็นแนวทางมาประยุกต์ในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่อไป [8]

จากการสำรวจ ถึงต้นทุนและรายได้ของเกษตรกรที่ผลิตปอสาจากแปลงธรรมชาติ ในอำเภอวังหิน จังหวัดแพร่ ในปี 2540 พบว่าได้ผลผลิตปอสาแห้งจำนวน 150 กก./ไร่/ปี โดยมีต้นทุนต่อไร่ 1,200 บาท ซึ่งแบ่งเป็นค่าดูแล (ตัดแต่งกิ่ง กำจัดวัชพืช) 300 บาท ค่าปุ๋ยและค่าจ้างใส่ปุ๋ย 700 บาท และค่าแรงเก็บเกี่ยว 200 บาท [9] อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงพัฒนาการในด้านผลิตภัณฑ์จากกระดาศาแล้วก็มีอย่างหลากหลาย อันได้แก่กระดาศาที่มีคุณภาพต่ำจะถูกนำมาทำการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ เช่นกระดาศาวัว กระดาศาทำร่มและกระดาศาสำหรับห่ออุปกรณ์ต่างๆ ส่วนชนิดคุณภาพปานกลางสามารถนำไปทำผลิตภัณฑ์พวกดอกไม้ประดิษฐ์บัตรอวยพร สมุดบันทึกและอื่นๆ สำหรับชนิดคุณภาพสูงสามารถนำมาใช้ในกระดาศามวนบุหรืกระดาศาพิมพ์ธนบัตร กระดาศาพิมพ์เขียนคุณภาพสูง กระดาศากรองน้ำ กระดาศาเช็ดเลนส์ เป็นต้น จากการที่ผลิตภัณฑ์จากต้นสาส่วนใหญ่เป็นสินค้าส่งออกไม่ว่าจะเป็นในรูปแบบของเปลือกกสา กระดาศาชนิดต่างๆ และผลิตภัณฑ์จากกระดาศา ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการพัฒนาอุตสาหกรรมกระดาศาและผลิตภัณฑ์จากกระดาศาจะเป็นช่องทางในการเพิ่มศักยภาพให้กับอุตสาหกรรมกระดาศาและผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีศักยภาพสูงเนื่องจากสามารถส่งออกและมีศักยภาพในการสร้างตลาดได้อย่างกว้างไกล แต่ทั้งนี้ไทยจะต้องมีแนวทางการพัฒนาเพื่อสร้างความได้เปรียบในเชิงแข่งขัน (competitive advantage) และคุณค่าของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อลูกค้า(customer value) ที่ชัดเจนอย่างครบวงจรทั้งในด้านการพัฒนาวัตถุดิบ เทคโนโลยีการผลิต การออกแบบผลิตภัณฑ์ การจัดการคุณภาพและกลยุทธ์การตลาดที่มีประสิทธิภาพ[10]

ในส่วนของการนำเอาเครื่องกวนมาประยุกต์ใช้ในงานต่างๆจากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาได้มีแนวทางการปรับปรุงถึงผสมหลักขนาด 10 ตันและหน่วยสนับสนุนที่ใช้ผลิตน้ำยาปรับผ้านุ่ม คอมฟอร์ทเพื่อผลิตแชมพูชันซิล และถึงผสมหลักขนาด 6 ตันและหน่วยสนับสนุนที่ใช้กับแชมพูชันซิลเพื่อผลิต น้ำยาปรับผ้านุ่มคอมฟอร์ท ซึ่งเป็นการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรการผลิตที่มีอยู่ตามนโยบายของบริษัทที่ต้องการเพิ่มกำลังการผลิตแชมพูชันซิลซึ่งมีการแข่งขันทางการตลาดสูงและมีราคาขายต่อหน่วยสูงกว่า เพื่อครอบครองส่วนแบ่ง ทางการตลาดและตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคภายใต้ต้นทุนที่เหมาะสม ในการจำลองกระบวนการผสม ใช้โปรแกรม Star CD version 3.24 หาอัตราเร็วของการผสมและชนิดของใบกวน ที่จะได้ผลิตภัณฑ์เป้าหมายที่มีคุณภาพตามมาตรฐานของบริษัท จากผลของการจำลองการผสมและการทดสอบในหน่วยทดลองผลิต สรุปได้ว่าสามารถใช้ถึงผสมหลักขนาด 10 ตัน ซึ่งเป็นถึงผสมแบบมีครีปผลิตแชมพูชันซิลได้แต่ต้องเพิ่มถึงผสมรอง ถ้าต้องการผลิตน้ำยาปรับผ้านุ่มคอมฟอร์ทด้วยถึงผสมหลักขนาด 6 ตัน จะต้องปรับปรุงโดยติดครีปและเปลี่ยนระบบควบคุมอัตโนมัติ สำหรับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้

อาจเป็นแบบแผ่นหรือแบบมีเปลือกหุ้มก็ได้ เมื่อวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ต้องลงทุนปรับปรุงระบบการผสมเท่ากับ 5,838,000 บาท จะคืนทุนภายใน 5 เดือน [11]

ซึ่งต่อมาได้มีการพัฒนาเครื่องกวนให้ทำงานอัตโนมัติโดยใช้วงจรโอเวอร์โวลต์เพื่อช่วยในการตัดกระแสมอเตอร์ ที่ความหนืดในช่วงสูงสุดของทุเรียนกวนขณะสุกพอดี เนื่องจากความหนืดเมื่อสูงขึ้นกระแสเหนี่ยวนำไฟฟ้าที่สูงขึ้นตาม เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเครื่องกวนแบบเดิม ค่าใช้จ่ายในการกวนแต่ละครั้งลดลง 80.12 % และจะใช้เวลาในการคืนทุน 222 วัน [12]

นอกจากนี้ได้มีการนำเอาหลักการกวนมาพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยกวนเพื่อตลาดนักท่องเที่ยว มีจุดประสงค์จะสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภค พัฒนาสูตรกล้วยกวนและกระบวนการผลิต ศึกษาอายุการเก็บรักษา และการยอมรับของผู้บริโภค จากการสำรวจพฤติกรรมการบริโภคกล้วยกวนของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายซึ่งเป็นกลุ่มนักท่องเที่ยว พบว่า ผู้บริโภคต้องการให้กล้วยกวนมีรสชาติไม่หวานมากนัก เนื้อสัมผัสไม่เหนียวเกินไป สีของกล้วยกวนไม่ดำ และ ให้มีกลิ่นรสของกล้วยมากขึ้น ในการศึกษาในการกวนแบ่งเป็น 2 ช่วงคือ เริ่มใช้อุณหภูมิสูงระหว่าง 90-95 องศาเซลเซียส ใน 60 นาทีแรก และอุณหภูมิระหว่าง 70-75 องศาเซลเซียส ใน 30 นาทีหลัง อัตราเร็วของใบพัดของเครื่องกวน 48 รอบต่อนาที เวลาที่เหมาะสมในการกวนกล้วยต่อสูตร (4.12 กิโลกรัม) คือ 90 นาที ผลผลิตกล้วยกวนที่ได้จากกล้วยสุกคิดเป็นร้อยละ 45.22 ต้นทุนวัตถุดิบการผลิตกล้วยกวนคือ 1 กิโลกรัม เท่ากับ 25.36 บาท คุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายคือ ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ เท่ากับ 0.67 ปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 10.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ เท่ากับ 60 องศาบริกซ์ [13] ต่อมาได้นำเครื่องกวนมาใช้ในการแยกโปรตีนถั่วเขียวจากน้ำทิ้งของโรงงานผลิตแป้งถั่วเขียว ซึ่งมีปริมาณโปรตีนสูง ด้วยวิธี isoelectric precipitation แล้วทำให้แห้งด้วยวิธี freeze dry เพื่อการผลิตสารทดแทนไขมันจากโปรตีนถั่วเขียว ซึ่งต้องมีรูปร่างเป็นทรงกลมมีขนาดอยู่ในช่วง 0.1-3 ไมครอน จึงคัดแปรโปรตีนด้วยวิธีทางเคมีและกายภาพ จากการทดลองพบสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตสารทดแทนไขมันคือ ใช้โปรตีนถั่วเขียวที่ไม่ผ่านการคัดแปร ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 83°C นาน 15 นาที โดยมีการตีปั่นตลอดเวลาที่ความเร็ว 17,000 rpm แล้วตีปั่นต่อที่ความเร็ว 23,000 rpm เป็นเวลา 15 นาที นำมาแยกอนุภาคที่ใหญ่กว่า 3 ไมครอน โดยการปั่นเหวี่ยงที่ 4,000 rpm นาน 10 นาที กระบวนการดังกล่าวให้อนุภาคโปรตีนขนาด 0.1-3 ไมครอนที่มีรูปร่างเป็นวงกลมในส่วนของเหลวในปริมาณ 94.66% ของอนุภาคทั้งหมด [14]

นอกจากนี้ได้มีการนำเอาหลักการออกแบบมาทำการออกแบบเครื่องดีเยื่อกระดาษจากต้นหม่อน เครื่องดีเยื่อกระดาษสามารถดีเยื่อกระดาษจากต้นหม่อนได้ครั้งละประมาณ 25 กก./ครั้ง และเครื่องสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือ ได้เยื่อที่สามารถผลิตกระดาษได้รูปร่างที่สวยงามเหมาะสำหรับการออกแบบบรรจุภัณฑ์ และสินค้า OTOP โดยใช้ความเร็วรอบ 500 รอบ / นาที เวลา

การตีเยื่อ 40 นาที ได้ขนาดของเยื่อ คือ ความยาว 9.13 มิลลิเมตร ความกว้าง 17.21 ไมโครเมตร และความหนาของผนังเส้นใย 6.18 ไมโครเมตร ซึ่งเครื่องตีเยื่อกระดาษจากต้นหม่อนและอุปกรณ์สำหรับการสร้างเครื่องตีเยื่อ สามารถหาวัสดุที่ใช้ทำได้จากท้องถิ่น และมีต้นทุนการผลิตต่ำ ผลของการผลิตกระดาษจากต้นหม่อน ด้วยกระบวนการดัดเยื่อ โดยที่ลำต้นของต้นหม่อนเป็นเศษวัสดุเหลือใช้จากการเก็บใบหม่อนและทำลายเพื่อการปลูกต้นหม่อนใหม่ ซึ่งต้นหม่อนก็เป็นพืชนิยมปลูกทั่วไปในประเทศไทย ผลการศึกษาพบว่า สภาพที่เหมาะสมของการดัดเยื่อโดยใช้ไซโตลิมไฮโดรอกไซด์ ผสมกับน้ำ ดมระยะเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 95-100 องศาเซลเซียส และฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ นำเยื่อที่ได้มาทำกระดาษโดยใช้เฟรมขนาดความกว้าง 12 นิ้ว ความยาว 12 นิ้ว กระดาษที่ได้มีคุณสมบัติความหนาเท่ากับ 1.29 มิลลิเมตร น้ำหนักมาตรฐานเท่ากับ 201 กรัม ต่อตารางเมตร ซึ่งได้กระดาษมีลักษณะสวยงาม ผลิตภัณฑ์กระดาษจากต้นหม่อน มีศักยภาพสามารถทำแผ่นกระดาษเพื่อประโยชน์ที่ควรได้รับการทำวิจัยและพัฒนาไปสู่กระบวนการผลิตระดับอุตสาหกรรมขนาดย่อมเพื่อประโยชน์แก่ชุมชนต่อไป [15]

การประยุกต์ใช้เทคนิคคิวเอฟดีเพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์และบริการในหน่วยงานขายของธุรกิจปิโตรเลียม โดยใช้แบบสอบถามเป็นสื่อกลางในการเก็บข้อมูล ซึ่งเทคนิคนี้สามารถช่วยในการระบุการทำงานและวิธีการควบคุมระบบงานขายสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้า โดยแบ่งออกเป็น 4 ช่วง คือ การวางแผนด้านผลิตภัณฑ์ การออกแบบผลิตภัณฑ์ การวางแผนกระบวนการ และการวางแผนควบคุมกระบวนการ โดยการนำเครื่องมือวางแผนและการจัดการ (Seven New Planning Tool) เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ พบว่า ระบบงานมีความคล่องตัวเพิ่มขึ้น ลดความซ้ำซ้อนในการทำงาน และป้องกันความผิดพลาดได้ดีขึ้น ทำให้ลูกค้ามีความพึงพอใจต่อระบบงานที่มีประสิทธิภาพ รวดเร็ว แม่นยำ และสามารถตอบสนองต่อความต้องการได้มากยิ่งขึ้น [16] หลังจากนั้นได้มีการประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายเชิงคุณภาพสำหรับการปรับปรุงการใช้งาน โปรแกรมเอสเอพี อาร์/3 ในการบริหารงานซ่อมบำรุง โดยการเก็บข้อมูลจากโรงงานตัวอย่าง 5 แห่งที่ใช้งานระบบนี้อยู่ จากการทำวิจัยทำให้ทราบถึงสภาพการใช้งานของระบบในแต่ละโรงงาน สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มผู้ใช้งานที่พัฒนาการใช้งานและกลุ่มผู้ใช้งานปกติ ในส่วนของการปรับปรุงกระบวนการ ประกอบด้วย การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลในระบบ การปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของระบบ และการพัฒนาปรับปรุงหน้าที่การใช้งานในระบบ [17] นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์ใช้เทคนิคคิวเอฟดีเพื่อพัฒนาโครงสร้างระบบประกันคุณภาพในโรงพิมพ์ประเภทการผลิตหนังสือ ซึ่งมีจุดมุ่งหมายที่จะลดความผิดพลาดในการทำงาน และสร้างความพึงพอใจให้แก่ลูกค้า ซึ่งจะเป็นการพัฒนาเพื่อให้สามารถขอติดตั้งมาตรฐาน ISO 9001:2000 ได้ง่าย

ขึ้น ซึ่งมีการทดลองติดตั้งระบบประกันคุณภาพบางส่วน คือ การจัดทำเอกสารที่จำเป็น การวางแผน การตรวจสอบและควบคุมคุณภาพ และการตรวจสอบระหว่างกระบวนการ [18]

การนำแนวคิดในการนำเครื่องมือที่ให้ความสำคัญต่อการมุ่งกำจัดหรือลดความสูญเปล่าคือ แผนภาพสายธารคุณค่า(Value Stream Mapping : VSM) มาใช้เป็นเครื่องมือในการปรับปรุงประสิทธิภาพของสายการผลิตซึ่งถือเป็นส่วนหนึ่งในโซ่อุปทาน โดยประยุกต์ใช้ร่วมกับเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์และศึกษาโซ่อุปทานแบบจำลองอ้างอิงการปฏิบัติงานโซ่อุปทาน(Supply Chain Operation Reference Model : SCOR-model) ซึ่งผลจากการนำแบบจำลองมาใช้สามารถช่วยลดรอบเวลานำในการรอคอยสินค้าของลูกค้าจากเดิม 20 วัน เหลือ 7 วัน สามารถปฏิบัติตามคำสั่งซื้อของลูกค้าได้เพิ่มจาก 3 งาน เป็น 5 งาน และลดจำนวนพนักงานจาก 133 คน เหลือ 94 คน โดยทำให้เปอร์เซ็นต์การใช้งานของพนักงานเพิ่มขึ้น 15.13 เปอร์เซ็นต์ [19]

ทั้งนี้ทั้งนั้นจากการศึกษางานวิจัยต่างๆ ได้มีการนำเอาเครื่องกวนมาประยุกต์ในการเพิ่มประสิทธิภาพในงานต่างๆ แต่ยังไม่มีการนำเอาเครื่องกวนมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตกระดาษสา เพื่อลดขั้นตอนการผลิตที่ซ้ำซ้อนดังนั้นผู้จัดทำจึงมีความสนใจที่จะทำการศึกษาและสร้างเครื่องกวนเยื่อกระดาษสา เพื่อเป็นการลดเวลาในการผลิตและสามารถแข่งขันกับคู่แข่งได้อีกด้วย