บทที่ 2

หลักการควบคุมคุณภาพในอุตสาหกรรม

บทนำ

วัตถุประสงค์หลักของการบริหารการผลิตคือการผลิตสินค้าที่มีคุณภาพ ส่งมอบทันตามกำหนดเวลา มีปริมาณตรงตามที่กำหนด และด้วยต้นทุนที่ต่ำ คุณภาพของสินค้านับเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดปัจจัยหนึ่งต่อความสำเร็จ หรือความล้มเหลวของธุรกิจอุตสาหกรรม ดังนั้นกิจกรรมที่จำเป็นอย่างยิ่งในการผลิตกิจกรรมหนึ่งคือการควบคุมคุณภาพ

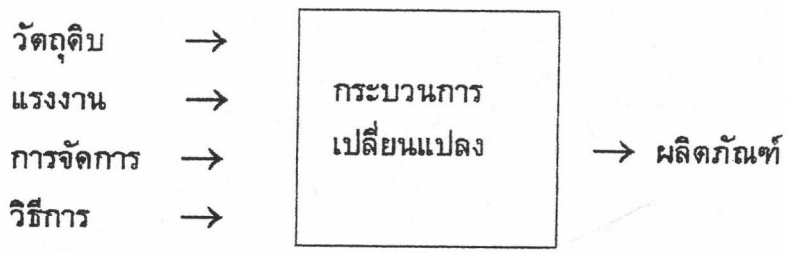
คำว่าคุณภาพนั้น มีความหมายว่า "ความถูกต้องตรงตามความต้องการของผู้ใช้ (quality is fitness for use)" ส่วนการควบคุม หมายถึง วิธีการที่ดีอันหนึ่งที่ควรจะต้องนำมาใช้เพื่อจะได้มาซึ่งคำว่าคุณภาพดี การควบคุมเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวกับการวางแผนและการดำเนินปฏิบัติงานต่างๆ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ ซึ่งขั้นตอนของการควบคุมนั้นโดยปกติแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอน คือ

1. การกำหนดมาตรฐานของคุณภาพของสินค้านั้นๆ
2. การเปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้กับมาตรฐานที่กำหนดเอาไว้ว่าได้ตามที่ต้องการหรือไม่
3. การเก็บข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา และสาเหตุต่างๆที่เกิดขึ้นจากฝ่ายต่างๆ เช่น ฝ่ายการตลาด ฝ่ายออกแบบ ฝ่ายวิศวกรรม ฝ่ายผลิต และฝ่ายซ่อมบำรุง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ปรับปรุงกระบวนการผลิตต่อไป
4. การวางแผนการปรับปรุง เป็นขั้นตอนในการพัฒนาปรับปรุงมาตรฐานต่างๆ ทั้งของผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต ต้นทุน ความปลอดภัย และความเชื่อถือได้ของผลิตภัณฑ์

ดังนั้นคำว่า "การควบคุมคุณภาพ" หมายถึง วิธีการวางแผนและดำเนินกิจกรรมต่างๆ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมามีคุณภาพดี เหมาะสมที่จะใช้งาน หรือให้ความพอใจแก่ลูกค้า

ความเป็นมาและแนวคิด

โดยทั่วไประบบการผลิตจะประกอบไปด้วยวัตถุดิบซึ่งป้อนไปในโรงงาน โรงงานซึ่งเป็นสถานที่ที่ประกอบไปด้วยเครื่องจักร คน วิธีการผลิต และการจัดการซึ่งจะเป็นแหล่งเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงระบบการผลิต

จะเห็นได้ว่า คุณภาพของผลิตภัณฑ์จะเป็นอย่างไรนั้นขึ้นอยู่กับวัตถุดิบ คน เครื่องจักร วิธีการผลิต และการจัดการ แต่เนื่องจากทั้งวัตถุดิบ คน เครื่องจักร วิธีการผลิต และการจัดการมีการเปลี่ยนแปลงไปมากบ้างน้อยบ้าง ซึ่งส่งผลทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาไม่คงที่ มีการเปลี่ยนแปลงไป แต่เนื่องจากคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาจะต้องเปลี่ยนแปลงไปในขอบเขตที่ยอมรับได้ จึงจำเป็นที่จะต้องมีการควบคุมคุณภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งตัวการที่ทำให้เกิดการแปรผันต่างๆดังกล่าว

การควบคุมคุณภาพจำแนกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1. การควบคุมการยอมรับทั้งวัตถุดิบและอื่นๆที่ส่งเข้าป้อนโรงงาน และผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาเพื่อการจำหน่าย

2. การควบคุมกระบวนการผลิต

ความสำเร็จของงานควบคุมคุณภาพ

การที่จะทำให้ระบบควบคุมคุณภาพประสบความสำเร็จได้ ก็ควรที่จะได้มีการพิจารณาสิ่งต่อไปนี้ คือ

1. ควรกำหนดนโยบายและวัตถุประสงค์ออกมาอย่างเด่นชัด

2. การวางแผนการดำเนินงานควรมีการวางแผนล่วงหน้า เพื่อให้การดำเนินงานสอดคล้องกับนโยบายและวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดเอาไว้ ซึ่งแผนการควบคุมคุณภาพควรที่จะ

คลอบคลุมไปถึงสิ่งต่าง ๆดังนี้

2.1 ผลิตภัณฑ์ที่จะควบคุมคุณภาพเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทใด

2.2 จะควบคุมมากน้อยและเข้มงวดเพียงใด

2.3 วิธีการตรวจวัดคุณภาพของผลิตภัณฑ์

2.4 ควรกำหนดเทคนิคที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพให้ถูกต้อง และเหมาะสมกับลักษณะของคุณภาพที่จะควบคุมอย่างได้ผล โดยที่ไม่ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น แต่สามารถควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามต้องการได้

3. การจัดสรรหน่วยงานและกำลังคนเพื่อดำเนินตามแผน เมื่อได้ทำการวางแผนเรียบร้อยแล้ว ต่อไปก็ต้องมีการจัดสรรหน่วยงานและจัดสรรกำลังคนเพื่อดำเนินตามแผน ซึ่งโดยปกติแล้ว หน่วยงานควบคุมคุณภาพมักจะให้ขึ้นตรงกับฝ่ายบริหารระดับสูง เพื่อจะได้ทำงานเป็นอิสระมากขึ้น แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นกับนโยบายของแต่ละแห่งว่าจะให้ขึ้นอยู่กับฝ่ายใด สำหรับฝ่ายควบคุมคุณภาพมักจะประกอบไปด้วยผู้วางแผนการควบคุม ผู้ควบคุมคุณภาพ และผู้ตรวจสอบคุณภาพ พนักงานทุกคนที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมคุณภาพ จะต้องได้รับการฝึกอบรม และมีความรู้อย่างดีเกี่ยวกับงานควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ตนผลิตอยู่ ผู้วางแผนการควบคุมจะต้องมีความรู้ และความเชี่ยวชาญเป็นอย่างดีเกี่ยวกับงานควบคุมคุณภาพที่ตนกำลังดำเนินอยู่ จุดไหนควรจะตรวจสอบแบบเก็บตัวอย่างมาตรวจสอบ จุดไหนควรจะตรวจสอบเป็นร้อยเปอร์เซนต์ และควรจะต้องใช้เทคนิค หรือวิธีการตรวจสอบอย่างไรตามจุดต่าง ๆ การวิเคราะห์หรือการแก้ปัญหามีวิธีการดำเนินงานอย่างไร นอกจากนี้ผู้วางแผนการควบคุมควรจะได้มีการจัดการฝึกอบรมให้กับพนักงานอยู่เสมอ เพื่อให้พนักงานได้มีความรู้และความเข้าใจในการปรับปรุงคุณภาพให้ดียิ่งขึ้น

4. การจูงใจ นับว่ามีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อความสำเร็จของงาน เพราะว่างานการควบคุมคุณภาพจะได้รับความสำเร็จได้ต้องได้รับความร่วมมือจากทุก ๆคน ในองค์กรโครงการที่เกี่ยวกับการจูงใจที่ใช้ได้ผลมากในปัจจุบัน ได้แก่ กลุ่มการควบคุมคุณภาพ (Quality Control Circles) และโครงการของเสียเป็นศูนย์ (Zero-defects Program)

5. การดำเนินงานควบคุมให้เป็นไปตามแผนที่วางไว้ การควบคุมจะทำให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่จำเป็น เพื่อใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้

6. การประเมินผลการดำเนินงานว่าบรรลุตามเป้าหมายหรือไม่

จะเห็นว่าความสำเร็จของงานควบคุมคุณภาพ จะต้องมีหลักการและวิธีการที่แน่นอน การฝึกอบรมและการให้การศึกษาเกี่ยวกับพื้นฐานการควบคุมคุณภาพถือเป็นสิ่งที่จำเป็น และจะต้องคิดไว้เสมอว่า การวางแผนการควบคุมคุณภาพที่ดีจะต้องช่วยให้เกิดการประหยัดแก่การผลิต จุดที่จำเป็นเท่านั้นที่ควรจะต้องทำการควบคุม

การควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิต

ตามที่ทราบมาแล้วว่า คุณภาพของผลิตภัณฑ์ย่อมมีความผันแปรไปเนื่องมาจากองค์ประกอบหลายประการ ได้แก่ คน เครื่องจักร วัตถุดิบ สภาพแวดล้อม วิธีทำงาน ฯลฯ การแปรเปลี่ยนไปของคุณภาพของสินค้าถ้ามีมากเกินไปจนไม่เป็นที่ยอมรับของลูกค้า ก็จะเกิดปัญหาขึ้นเนื่องจากไม่มีลูกค้าต้องการ ผลิตภัณฑ์พวกนี้จึงถือเป็นของเสีย ซึ่งจะไปเพิ่มต้นทุนให้กับผลิตภัณฑ์ที่ดีไปด้วย ดังนั้น การควบคุมคุณภาพของกระบวนการผลิตจึงมีความจำเป็นเป็นอย่างยิ่ง

สำหรับความแปรผันที่เกิดขึ้นนั้น สามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

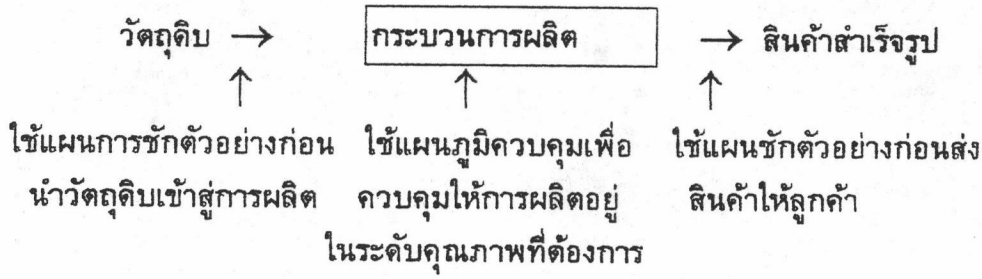
1. ความแปรผันที่เกิดขึ้นตามโอกาสหรือตามธรรมชาติ (Chance causes) เป็นความแปรผันที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ แต่สามารถควบคุมให้อยู่ในขอบข่ายที่ยอมรับได้ เช่น ความผันแปรของเนื้อโลหะหรือวัตถุดิบ ความผันแปรของอุณหภูมิ และสภาพแวดล้อมในการทำงาน ฯลฯ

2. ความผันแปรที่เกิดขึ้นแน่นอน (Assignable causes) เป็นความผันแปรของคุณภาพที่แปรเปลี่ยนไปแล้วคุณภาพจะแปรเปลี่ยนไปอย่างถาวร การควบคุมคุณภาพต้องควบคุมไม่ให้การผันแปรเช่นนี้เกิดขึ้น สาเหตุที่ทำให้เกิดความผันแปรนี้ ได้แก่ ความผิดพลาดของเครื่องมือวัด การสึกของเครื่องมือตัด เจียร ความผิดพลาดของการตั้งเครื่อง ฯลฯ

สำหรับกระบวนการผลิตที่มีเฉพาะความผันแปรที่เกิดขึ้นตามโอกาส หรือตามธรรมชาติเพียงอย่างเดียว เราถือว่ากระบวนการผลิตนั้นอยู่ในการควบคุม แต่ถ้าเมื่อใดก็ตามที่เกิดความผันแปรที่เกิดขึ้นแน่นอน เราจะว่ากระบวนการผลิตนั้นออกนอกการควบคุมจะต้องพยายามหาสาเหตุและพยายามปรับปรุงแก้ไขเสีย

การควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ

ในการควบคุมคุณภาพด้านการผลิต หลักการทางสถิติมีบทบาทอย่างสำคัญในการประเมินผล และควบคุมกระบวนการผลิตให้มีระดับคุณภาพตรงตามความต้องการ เครื่องมือทางสถิติที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพประกอบด้วย แผนชักตัวอย่าง (sampling plan) และแผนภูมิควบคุม (control chart) โดยแผนการชักตัวอย่างที่จะใช้ในการตรวจสอบเพื่อการยอมรับเอาวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการผลิตหรือก่อนนำออกจำหน่าย ส่วนแผนภูมิควบคุมใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิต ดังแสดงในรูป 2.2



รูปที่ 2.2 การใช้เทคนิคเชิงสถิติในการควบคุมคุณภาพ

<u>แผนการชักตัวอย่างเพื่อการยอมรับ</u>

แผนชักตัวอย่างเป็นวิธีที่ใช้เพื่อตรวจรับวัตถุดิบ ก่อนนำเข้าสู่กระบวนการผลิตหรือตรวจสอบสินค้าสำเร็จรูปก่อนส่งออกจำหน่าย โดยปกติในอุตสาหกรรมการตรวจสอบวัตถุดิบก่อนการผลิตเป็นสิ่งจำเป็น และถ้าทำได้ควรตรวจสอบทุกชิ้น อย่างไรก็ตามในการปฏิบัตินั้น การตรวจสอบวัตถุดิบทุกชิ้นก่อนการใช้งานหรือวัตถุดิบทุกชิ้นก่อนออกจำหน่าย อาจไม่เหมาะสมหรือทำไม่ได้ด้วยเหตุผลหลายประการ คือ

1. ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบสูงเมื่อเทียบกับมูลค่าของวัตถุดิบ เช่น การวัดความยาวของตะปูทุกตัวที่จะใช้ในการก่อสร้างว่ามีความยาวตรงตามต้องการหรือไม่นั้น คงไม่เหมาะสม เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างอาจสูงเมื่อเทียบกับราคาของตะปูแต่ละตัว

2. เวลาที่ใช้ในการตรวจสอบนาน และปริมาณของวัตถุดิบมีมาก การตรวจสอบทุกชิ้นจะทำให้เสียเวลามาก ซึ่งเป็นการเสียค่าใช้จ่ายมากนั่นเอง

3. การทดสอบแบบทำลาย ลักษณะคุณภาพของสินค้าบางอย่างจะรู้ผลได้ต่อเมื่อตัวสินค้าหรือวัตถุดิบที่ถูกทดสอบต้องถูกทำลายเสียก่อน เช่น การวัดความเหนียวของโลหะ การวัดความแข็งของกระจก ดังนั้นการทดสอบวัตถุดิบทุกชิ้นจะทำไม่ได้ เพราะวัตถุดิบจะถูกทำลายหมด

แผนชักตัวอย่างที่ใช้มีหลายประเภท ได้แก่

ก. แผนชักตัวอย่างแบบแอตตริบิวต์ (attribute sampling plan)

1) แผนชักตัวอย่างเชิงเดี่ยว (single sampling plan)

2) แผนชักตัวอย่างเชิงคู่ (double sampling plan)

3) แผนชักตัวอย่างหลายเชิง (multiple sampling plan)

4) แผนชักตัวอย่างเชิงลำดับ (sequential sampling plan)

ข. แผนชักตัวอย่างแบบแปรผัน (variable sampling plan)

1) แผนชักตัวอย่างควบคุมพารามิเตอร์กระบวนการ

2) แผนชักตัวอย่างควบคุมสัดส่วนของเสียในรุ่น

ค. แผนชักตัวอย่างแบบอื่นๆ (other sampling plan)

1) แผนชักตัวอย่างเชิงต่อเนื่อง (continuous sampling plan)

2) แผนชักตัวอย่างเชิงลูกโซ่ (chain sampling plan)

3) แผนชักตัวอย่างกระโดดข้ามรุ่น (skip-lot sampling plan)

แต่ที่นิยมใช้มากก็คือ แผนชักตัวอย่างเชิงเดี่ยว (single sampling plan)

ในทางปฏิบัติจะมีแผนชักตัวอย่างมาตรฐานต่างๆ เช่น แผนทางทหารของกระทรวงกลาโหมสหรัฐ (Military Standard) แผนของสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ประเทศไทย หรือแผนของสำนักงานมาตรฐานแห่งประเทศญี่ปุ่น เป็นต้น รายละเอียดการใช้แผนต่างๆ จะแตกต่างกันไปซึ่งผู้ใช้แผนจะต้องศึกษาในรายละเอียดการใช้แตละแผน แต่โดยหลักการสำคัญแล้วจะเหมือนกัน

ตารางที่ 2.1 แนวทางประยุกต์ใช้แผนการชักตัวอย่างเพื่อการยอมรับ

วัตถุประสงค์	แผนชักตัวอย่าง แบบแอตตริบิวต์	แผนชักตัวอย่างแบบ แปรผัน
1.ประกันระดับคุณภาพ สำหรับผู้ผลิต/ผู้บริโภค	-เลือกแผนชักตัวอย่าง สำหรับเส้นโค้งOC ที่ กำหนด	-เลือกแผนชักตัวอย่าง สำหรับเส้นโค้ง OC ที่ กำหนด
2.รักษาระดับคุณภาพ ตามเป้าหมาย	-ระบบAQL MIL.STD.105D	-ระบบAQL MIL.STD.414D
3.ประกันระดับคุณภาพ ผ่านออกเฉลี่ย	-ระบบAOQL แผนของดอดจ์-โรมิก	-AOQL
4.ลดจำนวนตัวอย่าง	-แผนชักตัวอย่างเชิง ลูกโซ่	-การวัดขีดจำกัดเชิงแคบ
5.ลดการตรวจสอบเมื่อประวัติคุณภาพดี	-แผนชักตัวอย่างแบบ กระโดดข้าม แผนชักตัวอย่างเชิงคู่	-แผนชักตัวอย่างกระโดด ข้าม แผนชักตัวอย่างเชิงคู่
6.ประกันคุณภาพไม่ให้ ต่ำกว่าค่าเป้าหมาย	-แผน LTPD แผนของดอดจ์-โรมิก	-แผน LTPD การทดสอบสมมติฐาน

<u>นิยามและสัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนชักตัวอย่างเพื่อการยอมรับ</u>

นิยาม :

1. AOQ (Average Outgoing Quality) คุณภาพผ่านออกเฉลี่ย หมายถึง ค่าที่ใช้วัดร้อยละของของเสียที่ผ่านออกจากกระบวนการ

2. AOQL (Average Outgoing Quality Limit) ขีดจำกัดคุณภาพผ่านออกเฉลี่ย หมายถึงค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ของคุณภาพผ่านออกเฉลี่ย

3. AQL (Acceptance Quality Level) ระดับคุณภาพที่ยอมรับ หมายถึง ระดับคุณภาพต่ำ สุดของผู้ผลิตซึ่งผู้บริโภคยอมรับว่าเป็นค่าเฉลี่ยกระบวนการ

4. ASN (Average Sample Number) จำนวนตัวอย่างเฉลี่ย หมายถึงจำนวนเฉลี่ยของตัวอย่างที่ตรวจสอบต่อรุ่นสินค้าสำหรับแผนชักตัวอย่าง

5. ATI (Average Total Inspection) จำนวนตรวจพินิจรวมเฉลี่ย หมายถึง จำนวนรวมทั้งหมดของสินค้าที่ต้องตรวจสอบนำมาเฉลี่ยกันเป็นค่าจำนวนตรวจสอบต่อรุ่น

6. LTPD (Lot Tolerance Percent Defective) จำนวนร้อยละบกพร่องที่ยอมได้ในรุ่น หมายถึง ระดับคุณภาพต่ำสุดที่ผู้บริโภคยอมรับได้ในรุ่นใดๆ

สัญลักษณ์ :

1. N คือ จำนวนรวมของหน่วยในรุ่น หรือขนาดรุ่น
2. n คือ จำนวนตัวอย่าง หรือขนาดของตัวอย่าง
3. D คือ จำนวนของเสียที่พบในรุ่นสินค้า
4. x คือ จำนวนของเสียที่จะพบในการชักตัวอย่าง
5. c คือ เลขจำนวนยอมรับ ซึ่งหมายถึง จำนวนของเสียสูงสุดที่ยอมให้มีอยู่ได้ในตัวอย่าง n
6. p คือ สัดส่วนของเสีย
7. p′ คือ ค่าประมาณการของสัดส่วนของเสีย
8. p_a คือ ความน่าจะเป็นในการยอมรับรุ่น
9. α คือ ความผิดพลาดแบบที่ 1 หรือ ความเสี่ยงของผู้ผลิต (producer's risk) หมายถึงความน่าจะเป็นในการปฏิเสธรุ่นที่ควรจะยอมรับ
10. β คือ ความผิดพลาดแบบที่ 2 หรือความเสี่ยงของผู้บริโภค (consumer's risk) หมายถึงความน่าจะเป็นในการยอมรับรุ่นที่ควรปฏิเสธ

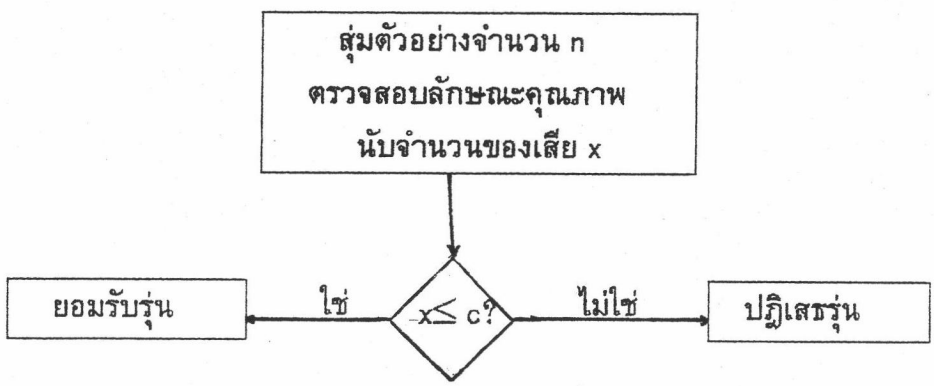
<u>แผนชักตัวอย่างเชิงเดี่ยว</u>

แผนชักตัวอย่างเชิงเดี่ยว ประกอบด้วยตัวเลข 2 จำนวน คือ

n คือจำนวนตัวอย่างที่จะสุ่มขึ้นมาตรวจจากรุ่น

c คือจำนวนของเสียที่ยอมให้มีได้ในตัวอย่าง n ตัวอย่าง

หลักการของแผนชักตัวอย่างเชิงเดี่ยวคือ ผู้ตรวจสอบจะสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบคุณภาพจำนวน n หน่วยแล้วแยกเป็นของดีและเสีย นับจำนวนตัวอย่างที่เสียหรือไม่ได้ตามมาตรฐาน ถ้าจำนวนของเสียน้อยกว่าหรือเท่ากับ c ก็ให้รับของทั้งหมดโดยถือว่าของทั้งหมดมีระดับคุณภาพตามที่ต้องการ แต่ถ้าจำนวนของเสียที่พบในตัวอย่างมีมากกว่า c ก็ให้ปฏิเสธของที่ส่งมาทั้งหมด ซึ่งสามารถแสดงเป็นผังงานได้ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ผังงานประยุกต์แผนชักตัวอย่างเชิงเดี่ยว

<u>การออกแบบแผนชักตัวอย่างเชิงเดี่ยวโดยใช้เส้นโค้ง OC</u>

เส้นโค้งลักษณะเฉพาะของการดำเนินงาน (Operating Characteristic curve) หรือเส้นโค้ง OC เป็นเครื่องมือเพื่อช่วยในการประเมินค่าความน่าจะเป็นของการยอมรับรุ่นจากการชักตัวอย่าง แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. ประเภท A ใช้เพื่อคำนวณค่าความเสี่ยงของผู้บริโภคหรือโอกาสในการยอมรับรุ่นที่มีระดับคุณภาพต่ำกว่าที่กำหนด ซึ่งมีสมมติฐานว่าการชักตัวอย่างจะชักจากรุ่นสินค้าที่มีขนาดจำนวนสินค้าในรุ่นมีจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับจำนวนตัวอย่างดังรูปที่ 2.4 การคำนวณค่าความน่าจะเป็นในการยอมรับรุ่น อาศัยการคำนวณจากการแจกแจงไฮเพอร์จีโอเมตริก ความน่าจะเป็นที่จะพบของเสีย x คือ

$$P(\text{พบของเสีย } x \text{ ชิ้น}) = \frac{\binom{D}{x}\binom{N-D}{n-x}}{\binom{N}{n}}$$

เมื่อ N คือขนาดรุ่น

n คือจำนวนตัวอย่าง

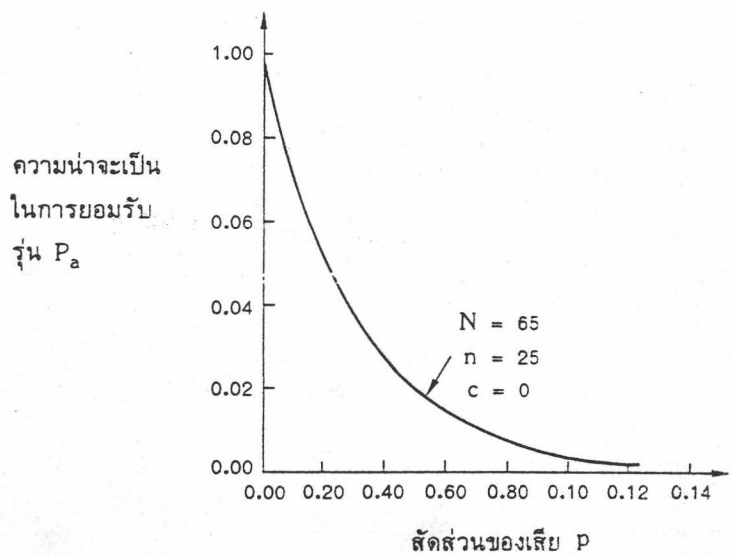
D คือจำนวนของเสียที่มีในรุ่น

x คือจำนวนของเสียที่พบในตัวอย่าง

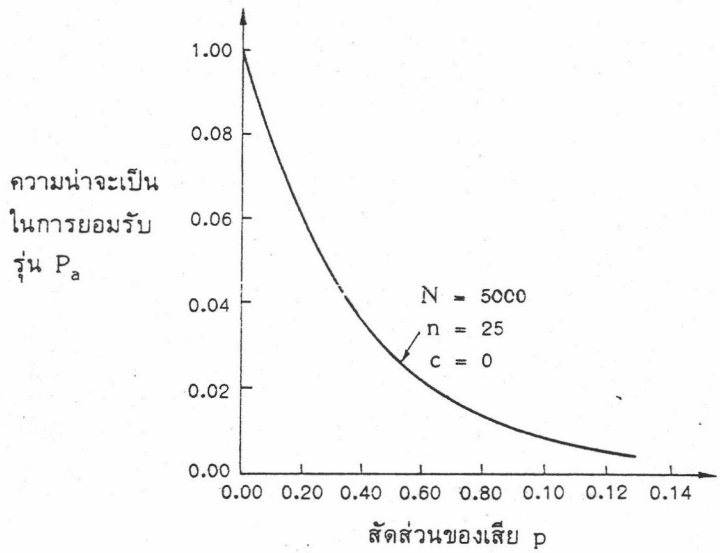
เนื่องจากการยอมรับรุ่นสินค้า จะทำเมื่อจำนวนของเสียที่พบในการชักตัวอย่าง x มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ c ดังนั้นโอกาสในการยอมรับรุ่น คือ

$$P_a = P\{ x=0 \} + P\{ x=1 \} + P\{ x=2 \} + \ldots + P\{ x=c \}$$

$$= \sum_{i=0} \frac{\binom{D}{i}\binom{N-D}{n-i}}{\binom{N}{n}}$$



รูปที่ 2.4 เส้นโค้ง OC ประเภท A



รูปที่ 2.5 เส้นโค้ง OC ประเภท B

2. ประเภท B ใช้เพื่อประเมินค่าความเสี่ยงของผู้ผลิต หรือค่าความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธรุ่นที่มีคุณภาพตามที่กำหนด โดยมีสมมติฐานว่าขนาดรุ่นมีจำนวนมากเมื่อเทียบ กับจำนวนตัวอย่าง ดังรูปที่ 2.5 ในกรณีนี้ความน่าจะเป็นของการพบของเสียคำนวณได้จากการแจกแจงทวินาม โดยค่าความน่าจะเป็นที่จะพบของเสีย x ในตัวอย่าง n ชิ้น คือ

$$P\{\text{พบของเสีย } x \text{ ชิ้น}\} = \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x}$$

ดังนั้น ค่าความน่าจะเป็นในการยอมรับรุ่น คือ

$$P_a = P\{x=0\} + P\{x=1\} + P\{x=2\} + \ldots + P\{x=c\}$$

$$= \sum_{i=0}^{c} \binom{n}{i} p^i (1-p)^{n-i}$$

ถ้าขนาดรุ่นมีจำนวนมากและสัดส่วนของเสียมีค่าน้อย การแจกแจงทวินามสามารถประมาณการได้ด้วยการแจกแจงปัวซอง ซึ่งความน่าจะเป็นของการพบของเสีย x คือ

$$P(\text{พบของเสีย } x \text{ ชิ้น}) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!} \qquad \text{เมื่อ } \lambda = np$$

ดังนั้น ค่าความน่าจะเป็นของการยอมรับรุ่น คือ

$$P_a = \sum_{i=0}^{c} \frac{\lambda e^{-\lambda}}{i!}$$

รูปร่างของเส้นโค้ง OC จะถูกกำหนดโดยพารามิเตอร์เหล่านี้คือขนาดรุ่น N จำนวนตัวอย่าง n และจำนวนของเสียที่ยอมรับได้ c

ในการออกแบบแผนชักตัวอย่างเชิงเดี่ยว โดยใช้เส้นโค้ง OC จะต้องกำหนด 4 ค่า คือ

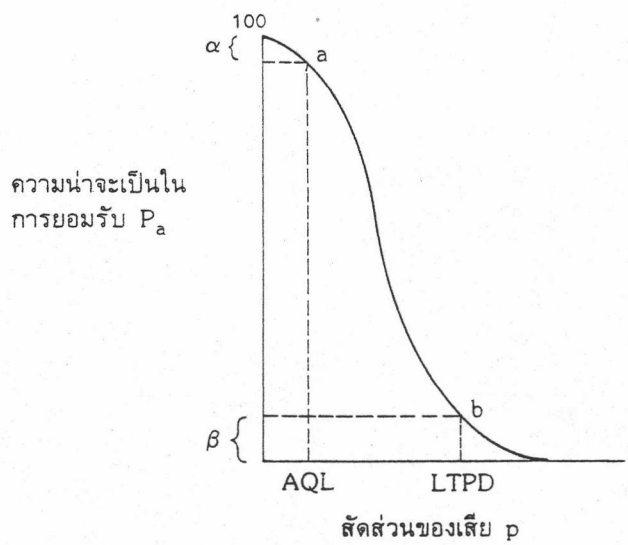
α เป็นค่าความเสี่ยงของผู้ผลิต

β เป็นค่าความเสี่ยงของผู้บริโภค

AQL เป็นระดับคุณภาพที่ยอมรับได้

LTPD เป็นร้อยละของเสียที่ยอมได้ในรุ่น

ซึ่งทั้ง 4 ค่าจะกำหนดจุด 2 จุดบนเส้นโค้ง OC ดังแสดงในรูปที่ 2.6 ซึ่งเมื่อลักษณะของเส้นโค้ง OC จะขึ้นกับ n และ c ดังนั้นจะต้องหาค่าของ n และ c ที่เมื่อนำมาสร้างเส้นโค้ง OC แล้วจะผ่านจุด 2 จุดนี้ หรือให้ใกล้เคียงกับทั้ง 2 จุดนี้มากที่สุด

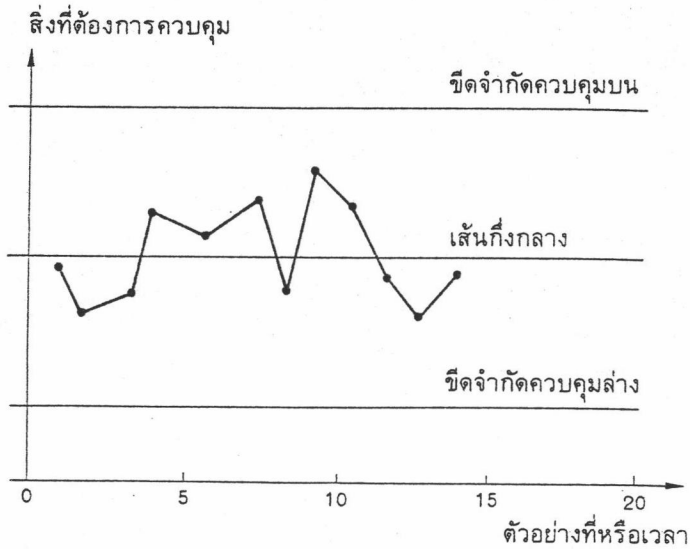


รูปที่ 2.6 เส้นโค้ง OC แสดงจุด α , AQL , β และ LTPD

<u>แผนภูมิควบคุม</u>

แผนภูมิควบคุมเป็นแผนภูมิที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิต เพื่อการตรวจสอบว่าเมื่อใดที่กระบวนการผลิตมีปัญหา แผนภูมิควบคุมนี้จะใช้กับกระบวนการผลิต โดยอาจควบคุมการทำงานของเครื่องจักร หรือหน่วยงานผลิต

แผนภูมิควบคุมมีหลายชนิดจำแนกตามลักษณะการใช้งาน แต่หลักการขั้นพื้นฐานของแผนภูมิควบคุมชนิดต่าง ๆจะเหมือนกัน ตัวอย่างของแผนภูมิควบคุมดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แผนภูมิควบคุมเชิงสถิติ

แผนภูมิควบคุมประกอบด้วยขีดจำกัดควบคุมบน (upper control limit) หรือที่นิยมเขียนย่อว่า UCL ขีดจำกัดควบคุมล่าง (lower control limit) หรือที่นิยมเขียนย่อว่า LCL และเส้นกึ่งกลาง (center line) หรือที่นิยมเขียนย่อว่า CL ของสิ่งที่ต้องการควบคุม การควบคุมทำได้ด้วยวิธีสุ่มตัวอย่างแล้ววัดผลของสิ่งที่ต้องการควบคุม แล้วเขียนจุดลงในแผนภูมิควบคุมและลากเส้นเชื่อมต่อจุดต่าง ๆเข้าด้วยกัน

ขีดจำกัดควบคุมบนและล่างได้จากการคำนวณค่า โดยอาศัยตัวอย่างที่สุ่มไว้ จุดที่กระจายอยู่ในขีดจำกัดบนและล่าง แสดงถึงสภาพของกระบวนการผลิตว่ายังอยู่ภายใต้การควบคุมหรือไม่ ถ้าจุดต่าง ๆกระจายอยู่ในช่วงขีดจำกัดควบคุมบนและล่างอย่างสม่ำเสมอ ก็แสดงว่ากระบวนการผลิตยังอยู่ภายใต้การควบคุม แต่เมื่อใดที่มีจุดตกนอกขีดจำกัดควบคุมบนหรือล่าง ก็แสดงว่ากระบวนการผลิตได้ส่อถึงความผิดปกติไปจากสภาพปกติ ผู้ควบคุมการผลิตจะต้องทำการตรวจสอบกระบวนการผลิต และแก้ไขให้กระบวนการผลิตกลับสู่สภาพปกติ

ถึงแม้ว่าจุดบนแผนภูมิควบคุมจะอยู่ระหว่างขีดจำกัดควบคุมบนและล่าง แต่ถ้าการกระจายของจุดเหล่านี้ไม่สม่ำเสมอ เช่น มีจุด 5 จุดติดต่อกันอยู่ด้านในด้านหนึ่งของเส้นกึ่งกลางก็แสดงว่ากระบวนการผลิตได้ออกนอกการควบคุมแล้ว ต้องตรวจสอบและทำการแก้ไข

แผนภูมิควบคุมเป็นวิธีการทางสถิติที่สำคัญในการควบคุมกระบวนการผลิต นอกจากนี้แผนภูมิควบคุมยังมีประโยชน์อื่นๆ อีกหลายประการซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ควบคุมกระบวนการผลิตได้ทันต่อเหตุการณ์ สิ่งที่ต้องการควบคุมจะถูกสุ่มตัวอย่างและเขียนจุดลงบนแผนภูมิควบคุมเป็นระยะๆ เมื่อใดที่จุดออกนอกการควบคุมก็สามารถตรวจพบและปรับปรุงกระบวนการผลิตให้กลับสู่สภาพปกติได้ทันท่วงที นอกจากนั้น สภาพการกระจายยังสามารถใช้เพื่อคาดการณ์สภาพการของกระบวนการผลิตในอนาคตได้อีกด้วย

2. ตรวจสอบค่ามาตรฐานที่กำหนด แผนภูมิควบคุมสามารถใช้ในการตรวจสอบว่าผลการผลิตอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่

3. รู้ถึงสมรรถภาพของกระบวนการ (process capability) กระบวนการผลิตที่แสดงว่าอยู่ภายใต้การควบคุมเชิงสถิติ สามารถนำไปใช้เพื่อคำนวณถึงสมรรถภาพของกระบวนการเพื่อหาความสามารถในการผลิตภายใต้ข้อกำหนด ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อผู้บริหารในการตัดสินใจในด้านต่างๆ

4. แผนภูมิควบคุมช่วยเพิ่มผลผลิต โดยการลดจำนวนของของเสียและการทำซ้ำ

5. แผนภูมิควบคุมช่วยป้องกันปัญหาด้านคุณภาพ เมื่อใดที่กระบวนการผลิตเริ่มแสดง อาการผิดปกติออกมาแผนภูมิควบคุมจะแสดงให้รู้ ทำให้ผู้ควบคุมไม่ผลิตของเสียหรือด้อยคุณภาพออกมา

6. แผนภูมิควบคุมช่วยป้องกันการปรับแต่งกระบวนการโดยไม่จำเป็น เพราะแผนภูมิควบคุมสามารถแยกได้ว่าเมื่อใดเป็นความแปรปรวนตามสภาพธรรมชาติ และเมื่อใดเป็นสภาพความแปรปรวนที่เกิดจากสภาพความผิดปกติที่ต้องการการปรับปรุงแก้ไข

7. แผนภูมิควบคุมให้ข้อมูลเพื่อการแก้ไขกระบวนการผลิต การวิเคราะห์สภาพการกระจายของจุดบนแผนภูมิควบคุมอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ จะทำให้ได้ข้อมูลเพื่อการแก้ไขกระบวนการผลิต เช่น การเปลี่ยนชนิดของวัตถุดิบ การเปลี่ยนวิธีการทำงาน การเปลี่ยนแปลงรูปแบบวิศวกรรม เป็นต้น

<u>ประเภทของแผนภูมิควบคุม</u>

แผนภูมิควบคุมจำแนกได้เป็น 2 ประเภทหลักๆ คือแผนภูมิควบคุมตามลักษณะหรือแผนภูมิควบคุมชนิดแอตตริบิวต์ (attribute control charts) และแผนภูมิควบคุมชนิดแปรผัน (variable control charts)

แผนภูมิควบคุมตามลักษณะประกอบด้วย

แผนภูมิ p เพื่อควบคุมสัดส่วนของเสีย

แผนภูมิ np เพื่อควบคุมจำนวนของเสีย

แผนภูมิ c เพื่อควบคุมจำนวนสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสีย

แผนภูมิ u เพื่อควบคุมจำนวนสาเหตุต่อหน่วยที่ทำให้เกิดของเสีย

แผนภูมิควบคุมชนิดแปรผันที่สำคัญ ประกอบด้วย

แผนภูมิ X เพื่อควบคุมค่าเฉลี่ย

แผนภูมิ R เพื่อควบคุมค่าพิสัย

แผนภูมิ S เพื่อควบคุมค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

<u>ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิควบคุม</u>

1. กำหนดสิ่งที่ต้องการควบคุมหรือวัตถุประสงค์ของการควบคุม

การกำหนดวัตถุประสงค์ หรือสิ่งที่ต้องการควบคุมขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ผลิต และชนิดของแผนภูมิควบคุมที่เลือกใช้ เช่น แผนภูมิควบคุมชนิด X และ R สิ่งที่ควบคุมคือ ค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติทางกายภาพ หรือลักษณะคุณภาพ (quality characteristics) เช่น ความยาว มวล เวลา กระแสไฟฟ้า ความหนาแน่น อุณหภูมิ ปริมาตร และอื่นๆ ลักษณะคุณภาพเหล่านี้มีผลต่อคุณภาพของสินค้าที่ผลิต การเลือกที่จะควบคุมคุณสมบัติใดขึ้นอยู่กับความสำคัญของคุณสมบัตินั้นที่จะมีผลต่อคุณภาพสินค้า

2. กำหนดจำนวนตัวอย่างและความถี่ห่างในการเก็บข้อมูล

จำนวนตัวอย่างที่จะจัดเก็บขึ้นอยู่กับชนิดของแผนภูมิควบคุม ปริมาณการผลิตของกระบวนการ และค่าใช้จ่ายในการเก็บและทดสอบตัวอย่าง นอกจากนั้น ในกรณีที่การผลิตประกอบด้วยเครื่องจักรหลายเครื่อง การตัดสินใจว่าจะเลือกเก็บตัวอย่างจากเครื่องจักรเครื่องใดและด้วยเวลาถี่ห่างเท่าใดก็เป็นสิ่งสำคัญในการสร้างแผนภูมิควบคุม แนวทางในการกำหนดจำนวนตัวอย่างและวิธีการเก็บตัวอย่างอาจแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ

2.1 เลือกเก็บตัวอย่างโดยแบ่งเป็นช่วงเวลาที่แน่นอน เช่น เก็บทุกๆครึ่งชั่วโมง หรือทุกๆชั่วโมง เช่น ผู้คุมเครื่องจักรอาจเก็บตัวอย่างจากกระบวนการผลิตออกมาชั่งทุกชั่วโมง

2.2 เก็บตัวอย่างจากผลผลิตที่ได้ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง เช่น ผู้คุมเครื่องอาจเก็บผลผลิตที่ผลิตได้ในระหว่างเวลา 8.00-9.00 น. ไว้ แล้วทำการสุ่มตัวอย่างจากผลผลิตที่เก็บไว้อีกทีหนึ่ง

โดยทั่วไปวิธีที่ 1 จะเป็นวิธีที่นิยมมากกว่า เพราะวิธีนี้จะให้ผลของคุณภาพของสินค้า ณ เวลาที่เก็บข้อมูล ซึ่งเมื่อเกิดปัญหาด้านคุณภาพก็สามารถปรับปรุงกระบวนการผลิตได้ทันต่อเหตุการณ์ แต่วิธีที่ 2 ก็มีข้อดีคือ ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นตัวแทนของสภาพทั้งหมดใน

ช่วงเวลาหนึ่งๆ เช่น ตัวอย่างที่เก็บ ณ เวลา 8.00-9.00 น. จะแทนผลของกระบวนการตลอดตั้งแต่ 8.00-9.00 น. ซึ่งถ้าใช้วิธีที่ 1 ข้อมูลที่ได้จะแทนเฉพาะ ณ เวลา 9.00 น. เท่านั้น

3. เก็บรวบรวมข้อมูล

ตารางบันทึกผลที่ใช้จะแตกต่างกันไปตามประเภทของแผนภูมิควบคุม ตัวอย่างที่เก็บได้จะถูกวัด ชั่ง หรือตรวจสอบคุณสมบัติที่ต้องการควบคุม ผลของการตรวจสอบจะถูกบันทึกไว้ตามแต่ละประเภทของแผนภูมิควบคุม เพื่อนำไปใช้ในการหาเส้นพิกัดควบคุมต่อไป

4. คำนวณขีดจำกัดควบคุมและสร้างแผนภูมิควบคุม

ข้อมูลที่เก็บได้จะถูกนำไปคำนวณหาเส้นพิกัดควบคุมบนและล่าง ดังสมการ

$$UCL = E(C) + K\ Var(C)$$
$$CL = E(C)$$
$$LCL = E(C) - K\ Var(C)$$

เมื่อ UCL เป็นค่าขีดจำกัดควบคุมบน

CL เป็นค่าเส้นกึ่งกลาง

LCL เป็นค่าขีดจำกัดควบคุมล่าง

E(C) เป็นค่าเฉลี่ยของสิ่งที่ต้องการควบคุม

Var(C) เป็นค่าความแปรปรวนของสิ่งที่ต้องการควบคุม

$\sqrt{Var(C)}$ เป็นค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของสิ่งที่ต้องการควบคุม

K เป็นจำนวนเท่าของความเบี่ยงเบนมาตรฐานที่จะกำหนดให้ห่างจากค่าเส้นกึ่งกลาง

โดยทั่วไปค่าของ K สำหรับขีดจำกัดควบคุมบนและล่างจะใช้ค่า 3 แต่ในกรณีที่ต้องการควบคุมคุณภาพให้เข้มงวดสูงขึ้น หรือเมื่อความเสียหายจากการผลิตที่ไม่ได้ตามข้อกำหนดมีค่าสูง แต่ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบ และการปรับตั้งเครื่องจักรมีค่าน้อย ค่าของ K อาจลดลงเหลือ 2.5 หรือ 2 หรือ 1 ถ้าต้องการความเข้มงวดในการควบคุมมากๆ

5. เขียนจุดและวิเคราะห์แผนภูมิควบคุม

โดยปกติ ถ้าจุดบนแผนภูมิควบคุมมีลักษณะดังต่อไปนี้ ผู้ควบคุมกระบวนการผลิตควรทำการตรวจสอบกระบวนการผลิต เพราะกระบวนการผลิตอาจมีความผิดปกติเกิดขึ้น

5.1 มี 1 จุดตกออกนอก UCL หรือ LCL

5.2 มี 2 จุดติดต่อกันเกาะอยู่ใกล้ขีดจำกัดควบคุมบน หรือขีดจำกัดควบคุมล่าง

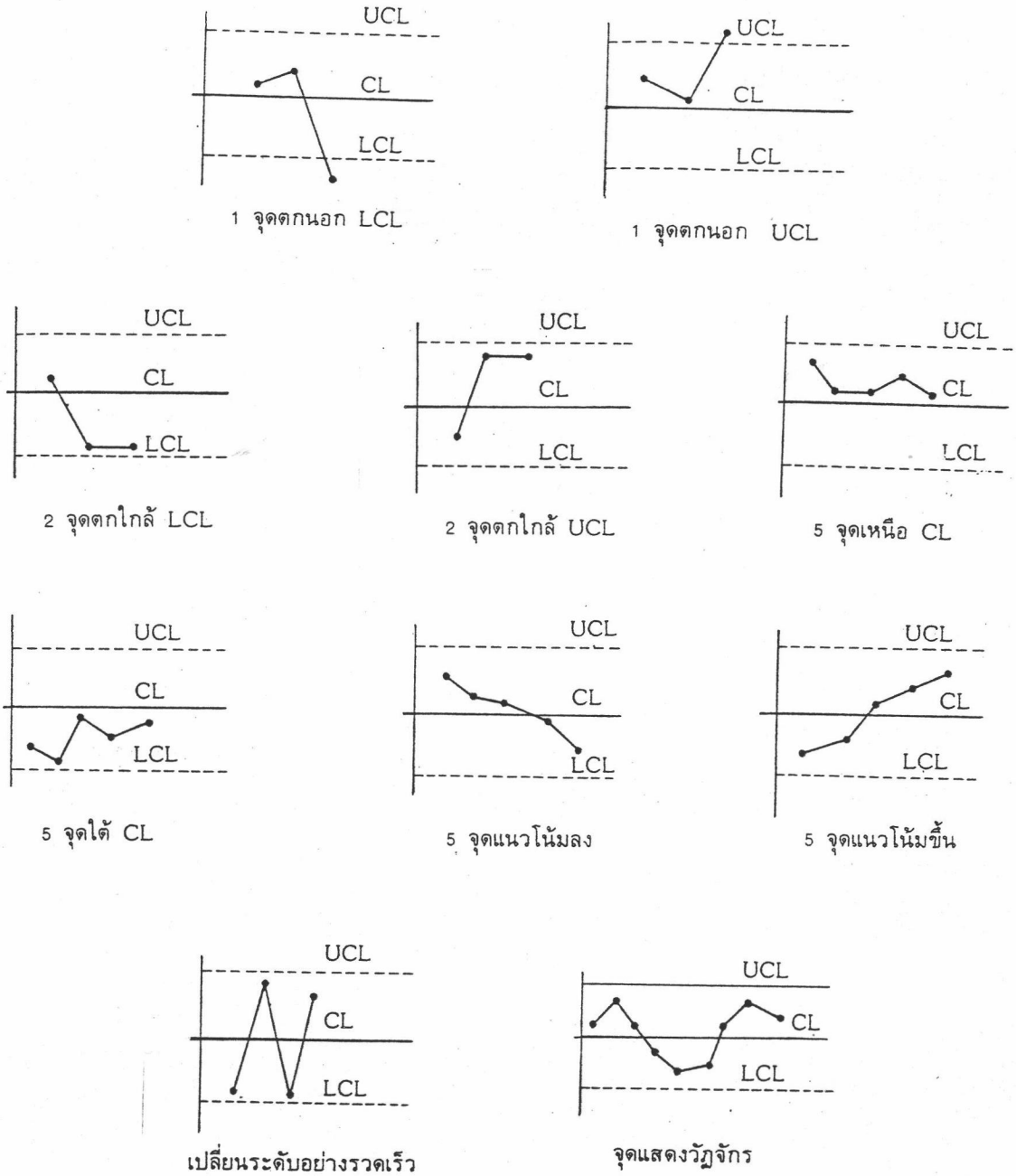
5.3 มี 5 จุดติดต่อกันที่อยู่ด้านใดด้านหนึ่งของเส้นกึ่งกลาง

5.4 มี 5 จุดติดต่อกันที่แสดงแนวโน้มขึ้นหรือลงตลอด

5.5 มีจุดที่เปลี่ยนระดับอย่างรวดเร็ว

5.6 มีจุดที่แสดงวัฏจักร

ตัวอย่างของความผิดปกติที่เกิดขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 การกระจายของจุดบนแผนภูมิควบคุมที่แสดงความผิดปกติของกระบวนการ

6. ปรับปรุงแผนภูมิควบคุม

ตัดจุดที่ส่อความผิดปกติออก แล้วนำจุดที่เหลือไปคำนวณขีดจำกัดควบคุมและสร้างแผนภูมิควบคุมใหม่ ซึ่งแผนภูมิควบคุมที่ปรับปรุงแล้วนี้อาจนำไปใช้เพื่อควบคุมกระบวนการในอนาคต

7. ใช้แผนภูมิควบคุมเพื่อการพัฒนาคุณภาพสินค้า

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Shewhart W.A. (1924) เป็นบุคคลแรกที่ได้ นำแผนภูมิการควบคุมซึ่งแผนภูมิดังกล่าวสามารถที่จะแยกแยะความแปรผันของคุณภาพต่างๆออกจากกันได้ และสามารถที่จะบอกให้เราทราบว่าเมื่อใดควรปล่อยให้ขบวนการผลิตดำเนินต่อไป และเมื่อใดที่ควรจะหาสาเหตุของการผลิตงานที่ไม่ได้คุณภาพออกมา และหาทางแก้ไขปรับปรุงขบวนการผลิตเสียใหม่ เพื่อที่จะได้ผลิตงานที่มีคุณภาพดีขึ้นออกมาได้ จะได้ลดการสูญเสียซึ่งเกิดจากการผลิตงานที่ไม่ได้คุณภาพ และเป็นผู้นำเอาแผนภูมิควบคุมิเชิงสถิติที่ได้พัฒนามาจากแผนภูมิควบคุมมาใช้

A.J. Duncan (1956) เป็นบุคคลแรกที่ทำการพัฒนาแบบจำลองในการออกแบบการสร้างแผนภูมิการควบคุมของ Shewhart ที่เหมาะสม

Bernard (1959) แนะนำว่าแผนภูมิการควบคุมของ Shewhart ไม่ได้พิจารณาข้อมูลในอดีต ดังนั้น เขาจึงได้สร้างแผนภูมิควบคุมแบบผลรวมสะสม เพื่อที่จะได้พิจารณาข้อมูลในอดีตและขีดจำกัดที่เปลี่ยนแปลงไป

I. Cockerell, D. Halliday และ D.J. Morgan (1975) ได้แนะถึงความสำคัญของการควบคุมคุณภาพในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์ เนื่องมาจากในปัจจุบันความต้องการบริโภคเนื้อสัตว์ หรือแม้กระทั่ง ไข่ นม และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากนม สูงขึ้นมาก และการที่ประสบความสำเร็จในกิจการเลี้ยงสัตว์นั้นมีปัจจัยหนึ่งที่สำคัญก็คือ คุณภาพอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์

ในปัจจุบันประเทศกำลังพัฒนาหลายๆ ประเทศ ได้เริ่มให้ความสนใจในการเป็นผู้ผลิตเนื้อสัตว์โดยเฉพาะ หมู และเป็ดไก่ ทำให้อุตสาหกรรมอาหารสัตว์มีบทบาทสำคัญมากขึ้น โรงงานผู้ผลิตอาหารสัตว์จึงควรให้ความสำคัญกับควบคุมคุณภาพของอาหารสัตว์ โดยเฉพาะในประเทศกำลังพัฒนาซึ่งมีสภาวะอากาศ และความหลากหลายในองค์ประกอบของวัตถุดิบมากกว่าในประเทศที่พัฒนาแล้ว

ผู้ทำการวิจัยได้กล่าวถึงความจำเป็นและวิธีการในการสุ่มตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบว่าเป็นเพราะผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์นั้นจะต้องมีสารอาหารต่างๆ เช่น โปรตีน

ไขมัน เส้นใยอาหาร วิตามิน และเกลือแร่ อยู่ในปริมาณที่กำหนด โรงงานจะคำนวณสูตรในการผลิตว่าจะใช้วัตถุดิบชนิดต่าง ๆ ในปริมาณเท่าใด โดยใช้การคำนวณต้นทุนต่ำที่สุด (least cost formulation) ซึ่งถ้ากรรมวิธีในการตรวจรับวัตถุดิบไม่มีประสิทธิภาพ ได้วัตถุดิบที่ไม่ดี มีปริมาณสารอาหารต่ำ ก็จะเกิดปัญหาในการผลิต และทำให้ต้นทุนสูงขึ้นด้วย

ในการตรวจรับวัตถุดิบชนิดที่เป็นพืชเมล็ด (cereal) นั้น ต้องทำการตรวจสอบความสะอาดและหาค่าความชื้นเป็นหลัก โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างนั้น Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 1973 ได้กำหนดไว้ว่าวัตถุที่เป็นเม็ดละเอียด หรือพืชเมล็ด (small seeds such as cereals or finely divided materials) นั้น มีวิธีการสุ่มตัวอย่างอยู่ 2 วิธี ขึ้นกับว่ารับวัตถุดิบมาเป็นหน่วยของกระสอบหรือไม่ (bags or bulk) ถ้าเป็นถุงหรือกระสอบ ให้ใช้การฉ่ำหรือเปิดถุงตักมาเล็กน้อย โดยจำนวนกระสอบที่สุ่มขึ้นกับจำนวนรุ่น ดังนี้

จำนวนรุ่น (กระสอบ)	จำนวนสุ่ม (%กระสอบ)
2-20	20
20-60	10
60-200	7
200-500	5
500-1000	4
มากกว่า 1000	3

ถ้าวัตถุดิบในถุงหรือกระสอบนั้นบรรจุน้ำหนักประมาณ 100 กก. หรือน้อยกว่า ให้สุ่มตัวอย่างอย่างน้อยตัวอย่างละ 0.75 กก. นำตัวอย่างที่สุ่มมาทั้งหมดผสมรวมกัน แล้วแบ่งมาทำการตรวจสอบคุณสมบัติต่าง ๆตามที่ต้องการ

นอกจากนั้น ผู้ทำการวิจัยยังได้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญและวิธีการเก็บรักษาวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์เพื่อรักษาคุณภาพไม่ให้เปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด และการควบคุมกระบวนการผลิตโดยใช้วิธีทางสถิติ เพื่อตรวจดูสภาวะของการผลิต

ส่วนการสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์เพื่อนำมาตรวจสอบคุณสมบัติต่าง ๆนั้น ผู้ทำการวิจัยกล่าวว่า ผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับสัตว์แต่ละชนิดต้องการความเข้มงวดในการตรวจสอบไม่เท่ากัน เช่น อาหารสำหรับเป็ดไก่ และสุกรก่อนวัยเจริญพันธ์ ต้องการการตรวจสอบที่เข้มงวด เพราะอาหารที่กินเข้าไปจะมีผลกระทบต่อภาวะการตั้งครรภ์ของสัตว์ ส่วนอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องหรือสุกรวัยเจริญพันธ์ไม่ต้องการการตรวจสอบที่เข้มงวดมากนัก เป็นต้น

เหรียญ บุญดีสกุลโชค (1981) ได้ทำการวิจัยศึกษาวิธีการออกแบบที่เหมาะสมของการสร้างแผนภูมิการควบคุมคุณภาพสำหรับการวัดแบบเชิงคุณภาพ ซึ่งได้แก่ แผนภูมิการควบคุมสัดส่วนของเสีย (p-charts) และ แผนภูมิการควบคุมจำนวนตำหนิต่อหน่วยที่ตรวจ (c-charts) โดยได้พัฒนาแบบจำลองต้นทุนของการออกแบบแผนภูมิการควบคุมดังกล่าว

สำหรับระบบการผลิตหลายขั้นตอนโดยพิจารณาในเชิงเศรษฐศาสตร์ ซึ่งมีวัตถุประสงค์ของงานวิจัยดังนี้

1. พัฒนาวิธีการที่จะหาการกระจายคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในแต่ละขั้นตอนการผลิต

2. พัฒนาวิธีการที่จะหาความผิดพลาดชนิดที่ 1 และ 2 จากการกระจายคุณภาพของผลิตภัณฑ์

3. พัฒนาแบบจำลองต้นทุนของแผนภูมิควบคุมของสถานีการผลิตแบบเดี่ยว สำหรับทั้งประเภทการทำงานแบบต่อเนื่องและแบบไม่ต่อเนื่อง และการที่จะออกแบบแผนภูมิที่เหมาะสมจากแบบจำลองต้นทุนเหล่านี้บนรากฐานของกระบวนการผลิตแต่ละกระบวนการ

4. พัฒนาวิธีการที่จะรวบรวมแบบจำลองต้นทุนในวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 ให้เป็นระบบการผลิตรวมของทั้งระบบ

5. ประยุกต์แบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นมานำไปใช้ในทางปฏิบัติกับงานหล่อ (foundry procees) และงานปรับแต่งด้วยเครื่องจักร (machining process)

สมชาย วิศวเวีรศักดิ์ (2534) ได้ทำการศึกษาและพัฒนาระบบควบคุมคุณภาพของอุตสาหกรรมเครื่องใช้ประจำโต๊ะอาหาร ซึ่งเป็นโรงงานผลิตช้อนส้อมและมีด ที่มีของเสียที่คิดเป็นมูลค่าสูงถึง 70 % ของมูลค่าของเสียทั้งหมด ระบบควบคุมคุณภาพที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ได้เน้นการควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิตอันประกอบด้วย ขั้นตอนการวางแผนการควบคุมคุณภาพ การควบคุมคุณภาพ การวิเคราะห์ผลการควบคุมคุณภาพ และการเสนอแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพ โดยเริ่มตั้งแต่การกำหนดจุดตรวจสอบ การออกแบบแผ่นเก็บข้อมูลการเก็บตัวอย่าง และการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำไปสร้างแผนภูมิควบคุม

ผลจากการนำเอาระบบที่ได้พัฒนาขึ้นใหม่ไปทดลองใช้ พบว่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์มีสัดส่วนที่ดีขึ้น นอกจากนั้น พิกัดควบคุมที่ได้จากแผนภูมิควบคุมในขั้นตอนต่าง ๆ ยังอาจนำไปใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตเบื้องต้นได้อีกด้วย

ณรงค์ นิยมวิทย์ (2532) จากคณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้เขียนบทความวิชาการเกี่ยวกับเส้นหมี่ลงในวารสารอาหาร ว่าเส้นหมี่เป็นอาหารกึ่งสำเร็จรูปที่ทำจากข้าวเจ้าที่เป็นที่นิยมบริโภคกันมาก และยังเป็นสินค้าออกที่ทำรายได้ให้กับประเทศเป็นจำนวนมาก ในอดีตที่ผ่านมาการผลิตเส้นหมี่ต้องอาศัยผู้มีประสบการณ์เท่านั้น การตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบ กระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปมักกระทำโดยประสาทสัมผัสทั้งสิ้นจึงทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่แน่นอน และเป็นปัญหามากสำหรับการส่งออก

เส้นหมี่ในปัจจุบันมี 2 ชนิดคือ เส้นหมี่แห้ง ซึ่งเป็นเส้นหมี่ที่ผ่านกระบวนการทำแห้งจนมีความชื้นประมาณร้อยละ 11 และเส้นหมี่เส้นตรงแห้ง ซึ่งมีวิธีการผลิตเหมือนกับเส้นหมี่แห้ง เพียงแต่ในขณะทำให้แห้งนั้นต้องแขวนไว้บนราว น้ำหนักของเส้นจะทำให้เส้นยืดออกมา

เป็นเส้นตรง

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ประกอบด้วย

1. ข้าว ซึ่งวิธีการเลือกข้าวที่เหมาะสมนั้นมีปัญหามาก เพราะคุณสมบัติของข้าวจะขึ้นอยู่กับปริมาณ และขนาดของ amylose รวมทั้งปริมาณเม็ดแป้งที่แตกตัว ซึ่งจากการทดลองพบว่า แป้งที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเส้นหมี่ควรมี amylose ร้อยละ 27-33 ปริมาณ amylose ที่ละลายน้ำได้ร้อยละ 10-12 ปริมาณเม็ดแป้งที่แตกตัวซึ่งวัดได้ด้วยค่า alkali spreading value เป็น 4-5 และ gel consistency 26-60 มม. นอกจากจะใช้การวัดคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีแล้ว ยังสามารถสังเกตุได้จากภายนอก ข้าวที่เหมาะสมต้องมีสีขาวนวล และมันใส แต่ในทางปฏิบัติทางโรงงานมักใช้ข้าวหักหรือปลายข้าวเพราะมีราคาถูกกว่าข้าวปกติ อายุการเก็บของข้าวก็จะมีผลกระทบต่อคุณภาพของเส้นหมี่ ข้าวที่เหมาะสมที่จะทำเส้นหมี่ได้ดี ควรเก็บไว้นานพอสมควร คือ ประมาณ 3-6 เดือนหลังการสีแล้ว เพราะข้าวใหม่จะทำให้เส้นที่ได้เหนียวเหนอะหนะ

2. น้ำ ต้องเป็นน้ำสะอาด ปราศจากสารแขวนลอย มีความกระด้างต่ำ ไม่ควรมีคลอรีน มี pH ประมาณ 5.0-7.0

การผลิตเส้นหมี่ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆทั้งสิ้น 11 ขั้นตอน คือ

1. การล้างข้าว ควรใช้น้ำมาก และคนอยู่เสมอ หลังจากล้างข้าวแล้วควรแช่ข้าวไว้ไม่เกิน 3 ชม. การแช่ข้าวจะทำให้โม่ข้าวได้ง่าย เม็ดแป้งแตกได้มาก และเส้นหมี่จะมีความเหนียวมากขึ้น

2. การโม่แป้ง อัตราส่วนของน้ำกับข้าวที่เหมาะสมคือ 1:1.9 ในขณะโม่ควรใส่ Sodium Metabisulfite ลงไปประมาณร้อยละ 0.1 ของน้ำหนักข้าว เพื่อฟอกสีแป้งให้ขาว และทำให้เก็บน้ำแป้งได้นาน

3. การกรองแป้ง อาจใช้ filter press หรือ rotary drum filter ก็ได้ แป้งที่ได้ควรมีความชื้นร้อยละ 41-43

4. การนึ่งแป้ง ควรให้แป้งสุกประมาณร้อยละ 40-50จะให้ความเหนียวที่พอเหมาะ

5. การนวด ผสมแป้งดิบและสุกให้เข้ากัน

6. การอัดเส้น อาจใช้ hydraulic press extruder หรือ screw extruder

7. การตัดเส้น

8. การทำให้เส้นสุก เส้นที่สุกดีแล้วจะต้องไม่ติดกัน เมื่อนำไปแช่น้ำจะไม่มีแป้งติดมือ และน้ำที่ผ่านการแช่มาแล้วจะต้องไม่ขุ่น

9. การล้างเส้น เพื่อช่วยให้เส้นแยกออกจากกัน

10. การอบแห้ง ก่อนการอบแห้งจะต้องจัดเส้นให้อยู่ในรูปที่เหมาะสม และอบให้เหลือความชื้นประมาณร้อยละ 11

11. การบรรจุ

ปัญหาที่พบในการผลิตคือ เส้นมักมีรอยแตก (checking หรือ cracking) ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องมาจากการใช้ความร้อนในการอบแห้ง การทำให้เย็นตัว หรือการเก็บไม่ถูกต้อง ปัญหาที่พบมากอีกประการคือ เส้นมีสีคล้ำ ซึ่งอาจเกิดจากการใช้น้ำคุณภาพไม่ดี หรือเกิดจากปฏิกิริยาเคมี เช่น browning reaction การใช้น้ำที่มีคุณภาพดีจะช่วยแก้ปัญหานี้ได้

เส้นหมี่ที่มีคุณภาพดีควรมีเส้นใส ไม่มีรอยแตกมากนัก ไม่มีสิ่งเจือปน ไม่กรอบหักง่าย บรรจุในถุงที่ป้องกันการปนเปื้อนได้ดี เมื่อนำไปทำให้คืนตัวควรได้เส้นที่เหนียวนุ่ม

พอพงษ์ เอียดละออง (2526) ฝ่ายสำรวจเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กองแผนงาน ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการตั้งโรงงานผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอลู่ทางความเป็นไปได้ในการจัดตั้งโรงงานผลิตก๋วยเตี๋ยวแห้งในภาคเหนือตอนบน

ผู้เขียนกล่าวว่า ในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวนั้นวัตถุดิบหลักที่สำคัญคือข้าวสารหักหรือข้าวเจ้า 50% ซึ่งควรเป็นข้าวเก่าที่มีอายุการเก็บไม่น้อยกว่า 4 เดือน ข้าวที่นิยมคือ ข้าวพันธ์เมล็ดแข็ง (ข้าวพันธ์ขาวกอเดียวและทองรากไทร) หรือข้าวชนิดที่ปลูกในนาดินทราย เพราะข้าวชนิดแข็งสามารถทำก๋วยเตี๋ยวได้มากกว่า เนื่องจากข้าวแข็งมีคุณสมบัติดูดน้ำ และขยายตัวได้มากกว่า อัตราการสูญเสียที่เกิดจากการล้างน้ำน้อยกว่า

กรรมวิธีการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวนั้นมี 7 ขั้นตอน คือ

1. การล้างข้าว
2. การโม่ ถ้าเป็นข้าวแข็งต้องผ่านการแช่น้ำมาก่อนเพื่อให้โม่ได้ง่ายขึ้น ถ้าเป็นการโม่เพื่อทำก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ต้องโม่ให้ละเอียดกว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก การใช้แป้งหยาบจะทำให้เส้นแห้งง่าย แต่แป้งละเอียดจะทำให้ได้เส้นที่มีลักษณะเนื้อละเอียด เรียบ สวย
3. การผสมน้ำแป้ง โดยนำน้ำแป้งจากการโม่ข้าวชนิดต่าง ๆมาผสมกันในสัดส่วนที่เหมาะสม
4. การนึ่ง อาจเป็นการนึ่งด้วยมือ หรือใช้เครื่องนึ่ง ก็ได้
5. การอบ อบแห้ง 80% เพื่อให้แผ่นก๋วยเตี๋ยวมีความแห้งพอที่จะเข้าเครื่องหั่นได้โดยที่เส้นไม่ติดกัน แผ่นก๋วยเตี๋ยวที่ได้ควรมีความชื้นเหลืออยู่ประมาณร้อยละ 30-40
6. การตัดเส้น นำแผ่นก๋วยเตี๋ยวที่ได้มาจุ่มหรือพรมน้ำ แล้วใช้ผ้าชื้นคลุมไว้ประมาณ 2 ชม. แล้วจึงเข้าหั่นเส้น
7. การตากหรืออบเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง ให้เหลือความชื้นประมาณร้อยละ 5-9

ปัญหาและอุปสรรคที่พบในการผลิตคือความขาวและความเหนียว ซึ่งการที่เส้นไม่ขาวอาจเป็นเพราะล้างข้าวไม่สะอาด หรือน้ำที่ใช้มีคุณภาพไม่ดีพอ ส่วนความเหนียวก็อาจเป็นเพราะชนิดของข้าวไม่เหมาะสม การโม่แป้งไม่ละเอียดพอ การนึ่งไม่สุก หรือการอบไม่แห้ง

นอกจากนั้นผู้เขียนยังได้กล่าวถึงลักษณะตลาดทั้งภายในและภายนอกประเทศว่า มีลู่ทางที่แจ่มใส และวิเคราะห์ราคาจำหน่ายที่เหมาะสม จำนวนเจ้าหน้าที่ คนงาน และค่าแรง

งาน สถานที่ตั้งโรงงาน พื้นที่ ราคาก่อสร้าง เครื่องจักรที่ต้องใช้ เงินลงทุน และลู่ทางความเป็นไปได้ในการตั้งโรงงานที่จังหวัดน่าน รวมทั้งสภาพความเหมาะสมทางเศรษฐกิจด้วย