บทที่ 2

ทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัยและแนวการประยุกต์

การควบคุมคุณภาพได้มีการกระทำมานานแล้วในอดีต ในสมัยก่อน ไม่มีแบบแผนการตรวจสอบที่ดี ผู้ผลิตส่วนมากในระยะแรก ๆ นั้นจะใช้ข่าวสารด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ส่งออกไปจำหน่ายกับข่าวสารด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคส่งกลับมายังผู้ผลิต ในกรณีที่เกิดปัญหาในด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคกับผู้ผลิต จะมีการเจรจากันเป็นกรณี ๆ ไป ดังนั้นการที่ผู้ผลิตจะพิจารณายอมรับหรือปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ จึงยังไม่มีแบบแผนที่ดีและไม่สามารถจัดอยู่ในกฎการตัดสินใจ (Deciesion Rule) ได้ ในข้อเท็จจริงแล้ว สมัยนั้นผู้ตรวจสอบคุณภาพที่มีหน้าที่ด้านคุณภาพโดยตรงก็ไม่สามารถที่จะทราบข่าวสารที่สมบูรณ์ ในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นมาได้ และการตรวจสอบก็ไม่ต่อเนื่อง ไม่มีกฎเกณฑ์ที่แน่นอน ระบบการควบคุมคุณภาพที่กล่าวมาข้างต้น อาจเรียกได้ว่าเป็นระบบดั้งเดิม ซึ่งเป็นระบบที่อาศัยความไว้วางใจซึ่งกันและกันระหว่างผู้ผลิตกับผู้บริโภค

แม้ในอดีตนั้นมีการควบคุมคุณภาพอยู่ แต่ยังไม่มีการแพร่หลายความรู้ ทางทฤษฎีความน่าจะเป็นมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมคุณภาพ หลักวิชาการทางทฤษฎีสถิติความน่าจะเป็นนั้นได้เริ่มมีบทบาทในการควบคุมคุณภาพได้เริ่มมาเพียง 2 - 3 ศตวรรษเท่านั้น และได้มีการศึกษาพัฒนากันอย่างจริงจังซึ่งบุคคลแรกที่ได้นำหลักวิชาการทางสถิติ มาใช้ในการควบคุมคุณภาพอย่างได้ผลคือ Water A Shewhart แห่งห้องแลปของบริษัท เบลเทเลโฟน จำกัด โดยได้แนะนำแผนภูมิการควบคุมในด้านคุณภาพในปี ค.ศ. 1924 นับได้ว่าเป็นจุดเริ่มการพัฒนาในด้านการควบคุมคุณภาพที่ใช้หลักวิชาการทางวิทยาศาสตร์ มาใช้ในการแก้ปัญหา และก็มีบุคคลต่าง ๆ ได้พัฒนากันต่อมา นอกจากนี้ในปี ค.ศ. 1929 H.F. Dodge และ H.G. Romig ได้พัฒนาการใช้ทฤษฎีทางสถิติการตรวจสอบตัวอย่าง และได้รวบรวมเป็นตารางการตรวจสอบด้วยตัวอย่างต่าง ๆ อันเป็นผลงานที่มีคุณค่ามากในวงการควบคุมคุณภาพจนกระทั่งถึงปัจจุบัน

2.1 การยอมรับผลจากการตรวจล่อบตัวอย่าง (Acceptance Sampling)

การควบคุมคุณภาพในแผนภูมิควบคุมความผันแปรนั้นเป็นวิธีการควบคุมคุณภาพในขบวนการผลิต ซึ่งแนวคิดแบบนี้ Water A Shewhart ได้เป็นผู้ริเริ่มขึ้น อันเป็นแผนภูมิต่าง ๆ ในการที่จะควบคุมทั้งขบวนการผลิตให้อยู่ในระดับมาตรฐาน แผนภูมิดังกล่าวนี้ เช่น แผนภูมิการควบคุมค่าเฉลี่ย และการกระจายของการผลิต แผนภูมิการควบคุมสัดส่วนของเสีย แผนภูมิการควบคุมจำนวนตำหนิต่อหน่วยงานที่ตรวจและแผนภูมิการควบคุมล่ะล่ม เป็นต้น แต่ที่จะกล่าวต่อไป เป็นวิธีการควบคุมคุณภาพ ด้วยการตรวจล่อบเพียงตัวอย่างจากผลิตภัณฑ์ทั้งหมด แล้วตัดสินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ส่งเข้ามาตรวจล่อบ ในการตรวจล่อบคุณภาพนี้อาจจะตรวจให้รู้ว่าคุณภาพเป็นอย่างไรแบบมีข้อมูลเชิงปริมาณคือ ความผันแปร (Variations) หรืออาจจะรู้เพียงให้ทราบว่า ผลิตภัณฑ์นั้นดีหรือเสีย (Attributes) แบบมีข้อมูลเชิงคุณภาพ ก็ขึ้นอยู่กับว่า วิธีไหนว่าจะให้ความประหยัด และให้ผลในการแก้ปัญหาคุณภาพ ได้ดีกว่ากันในทางปฏิบัติ

อนึ่งในงานวิจัยนี้จะสนใจเฉพาะการศึกษาทางคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ดีหรือเสีย (Attributes) เท่านั้น และสามารถแบ่งชนิดของแผนการยอมรับผลทางคุณลักษณะจากการตรวจล่อบตัวอย่าง (Attributes Acceptance Sampling Plans) ได้ดังนี้

ตารางที่ 2.1 การแบ่งชนิดของแผนการยอมรับผลทางคุณลักษณะจากการตรวจล่อบตัวอย่าง

	Risk - Based	Economically - Based
Non - Bayesian	1	2
Bayesian	3	4

กลุ่ม Risk - Based Sampling Plan : เป็นแผนแบบที่ใช้กันดั้งเดิม กว้างขวาง เป็นที่นิยมกันมากโดยทั่วไป โดยยึดความเสี่ยงของผู้ผลิตและผู้บริโภค สามารถอธิบายได้โดยเส้นโค้งโอซี(Operating Characteristic Curve)

กลุ่ม Economically - Based Sampling Plan : เป็นแผนแบบที่พิจารณาอย่างแจ้งชัดในแต่ละปัจจัยที่มีผลกระทบต่อต้นทุนการตรวจสอบ การยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ชำรุด และการปฏิเสธผลิตภัณฑ์ที่ดีอีกทั้งพิจารณาถึงผลกระทบที่มีผลต่อต้นทุนการผลิต

กลุ่ม Non - Bayesian Sampling Plan : เป็นแผนแบบที่ไม่สนใจประวัติในอดีต ของระบบการควบคุมคุณภาพเลย ซึ่งระบบนี้ยังเป็นที่นิยมแพร่หลายอยู่ในปัจจุบัน เป็นแนวคิดเก่าดั้งเดิม เป็นแผนที่ไม่มีการนำเอาประวัติในอดีตของรุ่นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการตรวจสอบไว้ มาใช้ในการตัดสินใจร่วมพิจารณาการยอมรับหรือปฏิเสธในรุ่นผลิตภัณฑ์ที่กำลังตรวจสอบอยู่เลย

กลุ่ม Bayesian Sampling Plan : เป็นแผนแบบที่ถือเอาประวัติในอดีตของการยอมรับหรือปฏิเสธรุ่นแต่ก่อน เพื่อวัตถุประสงค์ในการตรวจสอบต่อไป

ในงานวิจัยจะกล่าวถึงเฉพาะกลุ่ม Bayesian Sampling Plan ในทัศนะของ Economically - Based จึงจำเป็นต้องทราบถึงประวัติดั้งเดิมของรุ่นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ผ่านมา ซึ่งในที่นี้จะหมายถึง การแจกแจง (Distribution) โดยที่การแจกแจงนี้จะเป็นการแจกแจงของผลิตภัณฑ์ชำรุดจากรุ่นต่อรุ่น หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Prior Distribution ส่วนการตัดสินใจที่จะยอมรับหรือปฏิเสธรุ่นนั้นจะอยู่บนพื้นฐานของ Posterior Distribution ซึ่งเป็นผลรวมของ Prior Distribution หรือความรู้ก่อน ๆ ของผู้ผลิตของความแปรผันรุ่นต่อรุ่นกับผลการตรวจสอบ โดยการสุ่มตัวอย่างจากรุ่นผลิตภัณฑ์ที่กำลังตรวจสอบคุณภาพอยู่

2.2 สัญญลักษณ์ที่ใช้ในการวิจัยและนิยามต่าง ๆ

L : ขนาดรุ่น (Lot Size) เป็นขนาดรุ่นของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมา และต้องการจะทำการตรวจสอบคุณภาพก่อนที่จะส่งไปจำหน่ายยังผู้บริโภคทีละรุ่นไป เช่น ในการผลิตลับปะรดกระป๋องอาจกำหนดขนาดรุ่นของหน่วยผลิตภัณฑ์หน่วยหนึ่งเป็น L = 1,000 กระป๋อง ในการที่นำไปตรวจสอบ โดยการสุ่มตัวอย่าง ผลการตรวจสอบก็จะเป็นว่ายอมรับผลิตภัณฑ์ลับปะรดกระป๋องรุ่นนี้ (มีจำนวน 1,000 กระป๋อง) หรือไม่ยอมรับเป็นต้น

n : ขนาดตัวอย่าง (Sample Size) เป็นขนาดตัวอย่างที่นำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการผลิตต่าง ๆ แล้วมาตรวจสอบคุณภาพ เช่น จากตัวอย่างข้างต้นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ลับปะรดกระป๋องพนักงานควบคุมคุณภาพจะทำการสุ่มผลิตภัณฑ์หน่วยหนึ่งจากรุ่นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การตรวจสอบโดยอาจกำหนดขนาดตัวอย่าง n = 11 กระป๋อง แล้วดูว่าจะสุ่มตัวอย่างมาจำนวน 11 กระป๋องจากรุ่นผลิตภัณฑ์นี้มาทำการตรวจสอบ

c : จำนวนยอมรับ (Acceptance Number) เป็นจำนวนยอมรับที่ยอมให้ผลิตภัณฑ์ที่นำมาทำการตรวจสอบทางคุณภาพสามารถชำรุดหรือเสียไม่เกินกว่าจำนวนนี้ (น้อยกว่าหรือเท่ากับ c) และจำนวนนี้เป็นตัวกำหนดในแผนการสุ่มตัวอย่างที่ฝ่ายควบคุมคุณภาพได้กำหนดไว้ เช่น ในแนวคิดกลุ่ม Non - Bayesian ทัศนะ Risk - Based ได้กำหนดแผนการสุ่มตัวอย่างเดี่ยว ซึ่งจะยอมรับรุ่นผลิตภัณฑ์ เมื่อตรวจพบผลิตภัณฑ์ชำรุดน้อยกว่าหรือเท่ากับ c และจะปฏิเสธรุ่นทันทีถ้าพบผลิตภัณฑ์ชำรุดเกินกว่า c

X : จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดในรุ่น (Number of Defectives in a Lot) เป็นจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดในรุ่น ซึ่งในทางความเป็นจริง เราไม่ทราบค่า เพราะถ้าเราทราบการสุ่มตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ก็ไม่มีความจำเป็นใด ๆ

x : จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดที่พบในตัวอย่าง (Number of Defectives in a Sample) เป็นจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดที่เราสามารถทราบค่าและหาค่าได้ เนื่องจากทำการตรวจสอบผลของผลิตภัณฑ์ที่นำมาตรวจสอบคุณภาพทุกชิ้นผลิตภัณฑ์

$f_L(X)$: Prior Distribution ของจำนวนผลิตภัณฑ์ชำรุดในรุ่นผลิตภัณฑ์ (ขนาดรุ่น = L) หลาย ๆ รุ่นผลิตภัณฑ์ (Prior Distribution of the Number of Defectives in a Lot of Size L) เป็นการแจกแจงของผลิตภัณฑ์ชำรุดที่เป็นแนวความคิดของกลุ่ม Bayesian ที่เล่นอควรจะนำเอาการแจกแจงชนิดนี้ที่ได้จากข้อมูลการเก็บรวบรวมเพื่อตรวจสอบคุณภาพมาเป็นเวลานานของผลิตภัณฑ์นั้น และอาศัยความเชื่อจากประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญในการผลิตประกอบกันเป็น Prior Distribution ซึ่งในทัศนะ Economically-Based นั้นได้นำ Prior Distribution นี้ ไปใช้ประโยชน์ โดยการประมาณค่าพารามิเตอร์ของ Prior Distribution แล้วเพื่อให้ได้มาซึ่งค่าจำนวนขนาดตัวอย่าง (n) และจำนวนยอมรับ (c) ที่เป็นต้นทุนที่ต่ำสุดของแผนการยอมรับผลการตรวจสอบด้วยตัวอย่าง อีกทั้งยังใช้ในการตัดสินใจที่จะยอมรับ หรือปฏิเสธรุ่นผลิตภัณฑ์ โดยนำรวมกับผลลัพธ์การสุ่มตัวอย่างการตรวจสอบคุณภาพ เป็น Posterior Distribution ซึ่งผู้ผลิตหรือเจ้าหน้าที่ฝ่ายควบคุมคุณภาพสามารถนำไปใช้ในการตัดสินใจเกี่ยวกับรุ่นผลิตภัณฑ์ได้ Prior Distribution นี้นักวิจัยหลายท่านได้ค้นพบ และใช้ในวงการอุตสาหกรรมการผลิต เช่น Binomial, Mixed Binomial, Uniform, Polya, Mixed Polya และ Hypergeometric เป็นต้น

m : จำนวน component ของ Mixed Binomial หรือ Mixed Polya Prior Distribution (Number of "Vendors" or components of the Mixed Binomial or Mixed Polya Prior Distribution) เป็นจำนวนที่มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับจำนวนข้อแตกต่างที่มีผลต่อขบวนการผลิต เช่น m ข้อแตกต่างของ เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต m ข้อแตกต่างของวัตถุดิบที่ป้อนเข้าสู่ขบวนการผลิต m ข้อแตกต่างของผู้ควบคุมเครื่องจักรและดูแลชิ้นส่วนเป็นต้น โดยปกติแล้ว จากประสบการณ์ของนักวิจัย หลายท่านที่สนใจในแนวความคิดนี้ สำหรับข้อมูลในวงการอุตสาหกรรมการผลิต พบว่า m = 2 และ 3 ก็เพียงพอกับข้อมูลที่พบในวงการอุตสาหกรรม (แต่ในงานวิจัยนี้ ได้เตรียมค่า m เพิ่มไปถึง 4 ในระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์) สำหรับเหตุผลที่นักวิจัยเหล่านี้ เช่น Barnard, G.A. Smith , B.E. Wetherill, G.B. และ Chiu, W.K. เป็นต้น ได้เสนอเหตุผลที่สอดคล้องกัน กล่าวคือ ในทางปฏิบัติแล้วในการผลิตทั่วไป ผู้ผลิตย่อมมีหลักการที่ค่อนข้างจะเป็นอันหนึ่งเดียวในการผลิตเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สามารถควบคุม ทั้งมาตรฐานและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ตลอดจนกรรมวิธีการผลิตที่ไม่ควรจะแปรเปลี่ยนมากเกินไป ความแปรเปลี่ยนในที่นี้หมายถึง ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตต่าง ๆ เช่น วัตถุดิบ เครื่องจักร ผู้ควบคุมเครื่องจักร และพนักงานผลิตเป็นต้น การที่ผู้ผลิตต้องการที่ควบคุมจำนวน m ให้น้อยที่สุด เพราะง่ายต่อการควบคุมการผลิต และควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์เพื่อให้ได้มาตรฐานที่แน่นอนตลอดขบวนการผลิต ตลอดจนสามารถควบคุมพนักงานและจัดฝึกอบรม พนักงานผลิตในแนวทางเดียวกันให้มากที่สุด ฉะนั้นจึงเป็นการยืนยันในข้อเท็จจริงสำหรับ m = 2 และ 3 จากประสบการณ์ของนักวิจัยต่าง ๆ

w_i : สัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากสายการผลิต component ที่ i (Proportion of the Product from the i^{th} component) เป็นค่าสัดส่วนถ่วงน้ำหนักใช้ใน Prior Distribution ต่าง ๆ ซึ่งค่าผลรวมของค่า w_i นี้จะเท่ากับ 1 เสมอ เมื่อ i = 1,2,..., n ค่า w_i นี้จะสอดคล้องกับกรณีของ component ที่ i และจำนวนข้อแตกต่างดังที่กล่าวมาแล้ว เช่นในขบวนการผลิตสับปะรดกระป๋อง สมมติให้ว่าจำนวนผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋องที่ผลิตได้ในแต่ละวันการผลิตจำนวน 10,000 กระป๋อง ผู้ผลิตพบว่า ในสายการผลิตนั้นมี component เป็น 3 ข้อแตกต่าง (m = 3) และในแต่ละ component จำนวนสับปะรดกระป๋องที่ผลิตได้เป็นดังนี้

component ที่ 1 ผลิตได้ 5,000 กระป๋อง

component ที่ 2 ผลิตได้ 3,000 กระป๋อง

component ที่ 3 ผลิตได้ 2,000 กระป๋อง

นั่นคือ ค่า w_i ที่เป็นค่าสัดส่วนของลับปะรดกระป๋องที่ผลิตได้จากยบวนการผลิตชุดดังกล่าว จะเป็นดังนี้ คือ $w_1 = 0.50$, $w_2 = 0.30$ และ $w_3 = 0.20$ ซึ่งผลรวมของ w_i (i = 1,2, และ 3) เท่ากับ 1 เสมอ

f_i : สัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดจากยบวนการผลิตใน component ที่ i (Process Fraction Defectives from the i^{th} component) เป็นค่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดจากยบวนการผลิต และเป็นค่าสัดส่วนที่ใช้ใน Mixed Binomial Prior Distribution ซึ่งค่านี้จะล่อดคล้องกับกรณีของ component ที่ i และ w_i ดังตัวอย่างที่อ้างถึงในส่วนของ w_i ข้างต้น ผู้ผลิตได้พบว่า ในอดีตที่ผ่านมาสำหรับในสายการผลิตลับปะรดที่ผลิตออกมานั้น มีจำนวนผลิตภัณฑ์ชำรุดแตกต่างกันทั้ง 3 component เช่น

component ที่ 1 จำนวนผลิตภัณฑ์ชำรุดโดยเฉลี่ย 10 กระป๋อง

component ที่ 2 จำนวนผลิตภัณฑ์ชำรุดโดยเฉลี่ย 8 กระป๋อง

component ที่ 3 จำนวนผลิตภัณฑ์ชำรุดโดยเฉลี่ย 1 กระป๋อง

นั่นคือ ค่า f_i ที่เป็นค่าสัดส่วนของลับปะรดกระป๋องที่ชำรุด ในแต่ละ component คือ $f_1 = 0.20$, $f_2 = 0.26$, และ $f_3 = 0.05$ เป็นที่น่าสังเกตว่า ผลรวมของ f_1 ไม่จำเป็นต้องเท่ากับ 1 เสมอไป

s_i , t_i : ค่าพารามิเตอร์ของยบวนการแจกแจงแบบเบต้า จาก component ที่ i (The Parameters of the Beta Distributed Process from the i^{th} component) เป็นค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ใน Polya และ Mixed Polya Prior Distribution

$$\Gamma(a) = \int_0^{\infty} z^{a-1} e^{-z} dz$$

$$= (a - 1)! \quad \text{ถ้า a เป็นเลขจำนวนเต็ม}$$

$l_n(x|X)$: การแจกแจงอย่างมีเงื่อนไขของจำนวนผลิตภัณฑ์ชำรุดในตัวอย่างที่สุ่มมาตรวจสอบโดยกำหนด จำนวนผลิตภัณฑ์ชำรุดในรุ่นผลิตภัณฑ์ (Conditional Distribution of the Number of Defectives in the Sample given the Number of Defectives in the Lot)

$g_n(x)$: การแจกแจงส่วนริมของจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดในตัวอย่างขนาด n (Marginal Distribution of the Number of Defectives in a Sample of Size n)

$h_L(X|x)$: การแจกแจงแบบโพสทีเรีย ของจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดในรุ่นผลิตภัณฑ์ โดยกำหนด จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดในตัวอย่างที่สุ่มมาตรวจสอบ (Posterior Distribution of the Number of Defectives in a Lot given the Number of Defectives in the Sample)

$J(x,X)$: การแจกแจงร่วมของจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดในตัวอย่างกับจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดในรุ่นผลิตภัณฑ์ (Joint Distribution of the Number of Defectives in the Sample and the Number of Defectives in the Lot)

σ_X^2 : ความแปรปรวนของจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดจากรุ่นต่อรุ่นบนฐานของ Prior Distribution (Variance of the Number of Defectives from Lot to Lot Based upon the Prior Distribution)

$\sigma_{x(X-x)}$: ความแปรปรวนร่วมระหว่างจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดในตัวอย่าง และจำนวนผลิตภัณฑ์ชำรุดในส่วนผลิตภัณฑ์ที่เหลือของรุ่นผลิตภัณฑ์ (Covariance between the Number of Defectives in the Sample and the Number of Defectives in the Rest of Lot)

SSD : ผลรวมกำลังสองของผลต่างระหว่างจุดข้อมูล (ที่ผู้ใช้ป้อนผ่านคอมพิวเตอร์) และ Prior Distribution สำหรับการได้มาซึ่งค่าพารามิเตอร์ของ Prior Distribution (Sum of Square of Differences between the Data Point, Entered By the user, and the Prior Distribution, for a given alue of the Parameters of the Prior Distribution) ซึ่งการที่เราสามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ ของ Prior

Distribution ใด ๆ นั้น เราได้ค่า SSD น้อย ๆ ยิ่งน้อยเท่าไร ความผิดโค้งของลูกข้อมูล กับการแจกแจงที่แท้จริงนั้น ย่อมแนบแน่นมากเท่านั้นฉะนั้น ค่า SSD ในผลลัพธ์จากการวิเคราะห์คำนวณโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้จะเป็นตัวตัดสินในการพิจารณาถึงค่าพารามิเตอร์ที่ได้นั้น เหมาะสมเพียงพอหรือไม่

2.3 ทฤษฎีและการศึกษาวิจัยที่ผ่านมา

ในระยะเวลากว่า 20 ปีที่ผ่านมานี้ มีสิ่งตีพิมพ์เอกสารวิชาการควบคุมคุณภาพในแนวคิดแบบเบย์เซียน ในหัวข้อ Economically - Based ที่พิจารณาถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนการตรวจสอบ และพิจารณาถึงประวัติของรุ่นผลิตภัณฑ์ที่คล้าย ๆ กัน และยอมรับมาก่อนนำมาพิจารณาร่วมเพื่อออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง โดยที่ในแผนการสุ่มตัวอย่าง เรียกว่า Economically - Based Bayesian Plans ซึ่งแผนนี้ได้มีการนำไปใช้เป็นเครื่องมือในแผนงานควบคุมคุณภาพในอุตสาหกรรมการผลิตบ้างแล้วในต่างประเทศ

ใน Economically - Based Acceptance Sampling Plan นั้น การใช้แผนดังกล่าวนั้น เพื่อจะได้มาซึ่งค่าขนาดตัวอย่าง (n) และจำนวนยอมรับ (c) และก่อนที่จะใช้แผนดังกล่าวนี้มีความจำเป็นต้องประมาณค่าพารามิเตอร์ของ Prior Distribution จากข้อมูลผลิตภัณฑ์ในอดีตที่มีลักษณะการผลิตตลอดจนปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการผลิตคล้าย-คลึงกัน ตลอดจนถึงปัจจุบันที่จะใช้แผนการควบคุมคุณภาพนี้

ในบทความวิชาการและงานที่ตีพิมพ์ใน Economically- Based Acceptance Sampling ที่ผ่านมาในอดีตส่วนมากจะอธิบายและพรรณาถึงวิธีการในการสร้างตัวแบบทางสถิติ นิยามเทอมค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และวิธี Optimization ของตัวแบบที่สร้างไว้ เพื่อนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสังเกตว่ามีน้อยมากที่จะกล่าวถึง การคาดประมาณตัวพารามิเตอร์ของ Prior Distribution ซึ่งต่อไปนี้จะเสนอผลงานทางวิชาการที่เกี่ยวข้องในด้านแนวคิดในส่วนของ Economically - Based Acceptance Sampling ของนักวิจัยบางท่านที่น่าสนใจ ตัวอย่างเช่น Barnard E. Smith ได้กล่าวถึง Economically - Based Acceptance Sampling ว่า ตัวแบบสำหรับแผนการสุ่มตัวอย่างในแนวนี้ จะต้องพิจารณาถึงต้นทุนการสุ่มตัวอย่างตรวจสอบผลิตภัณฑ์ ปฏิกริยา ซึ่งเป็นผลมาจากการตรวจสอบ และพิจารณา

ถึงประวัติในอดีตของขบวนการผลิต เพื่อให้มีความถูกต้องแม่นยำยิ่งในการทำนายตัดสินพฤติกรรมของขบวนการผลิตในอนาคตต่อไป

ส่วนแนวความคิดทางทฤษฎีที่พัฒนาขึ้น ยังเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการตัดสินใจ แม้ว่า แต่ละการดำเนินงานในขบวนการผลิต จะอยู่ในความควบคุม ซึ่งถ้าการดำเนินงานที่อยู่ในความควบคุมอยู่ในระดับที่พอใจ ก็ไม่ต้องพิจารณามากนัก แต่ถ้าอยู่ในระดับที่ไม่พอใจ ค่าใช้จ่ายของการปรับปรุงขบวนการให้ดีขึ้น ต้องถ่วงน้ำหนักกับค่าใช้จ่ายของการแก้ไขผลิตภัณฑ์ที่ชำรุด ดังนั้น การสุ่มตัวอย่างของขบวนการผลิตที่อยู่ในความควบคุมนี้จะไม่เป็นการประหยัดเท่าใดนัก ซึ่งมีปัญหาในการตัดสินใจในการเลือกแผนการสุ่มตัวอย่าง ซึ่ง Barnard E. Smith ได้เสนอตัวแบบสำหรับการสุ่มตัวอย่างเดี่ยว (A Model for Single Sampling) ในแนวความคิดแบบเบย์เซียน และได้กำหนดค่าต่าง ๆ ดังนี้

a_1 = ต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ไม่พิจารณาในคุณภาพ (Cost due to Accepting an Item without Regrad to Quality)

a_2 = ต้นทุนที่เพิ่มขึ้น ถ้ายอมรับผลิตภัณฑ์ที่ชำรุด (Additional Cost if an Accepted Item is Defectives)

r_1 = ต้นทุนที่เกิดจากการไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ไม่พิจารณาในคุณภาพ (Cost due to Rejecting an item without Regard to Quality)

r_2 = ต้นทุนที่เพิ่มขึ้น ถ้าไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ชำรุด (Additional Cost if a Rejected Item is Defective)

s_1 = ต้นทุนของการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่ไม่พิจารณาในคุณภาพ (Cost of Inspecting an Item without Regard to Quality)

s_2 = ต้นทุนที่เพิ่มขึ้น ถ้ามีการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่ชำรุด (Additional Cost if an Inspected Item is Defective)

ฉะนั้น สำหรับขนาดรุ่นผลิต = L ขนาดตัวอย่างที่สุ่มมาตรวจสอบ = n จำนวนผลิตภัณฑ์ชำรุดทั้งหมดในรุ่นผลิตภัณฑ์ = X และจำนวนผลิตภัณฑ์ชำรุดที่พบในตัวอย่าง = x นั่นคือ ต้นทุนรวมสำหรับการยอมรับเป็น

$$a_1 (L - n) + a_2 (X - x) + s_1 n + s_2 x$$

และต้นทุนรวมสำหรับการไม่ยอมรับเป็น

$$r_1 (L - n) + r_2 (X - x) + s_1 n + s_2 x$$

สิ่งที่จะพิจารณาต่อไปคือ การชำรุดของผลิตภัณฑ์และค่าความเสี่ยงของแผนการสุ่มตัวอย่าง n , c จะมีจำนวนผลิตภัณฑ์ชำรุดในรุ่นผลิตภัณฑ์เป็น $r [X , (n , c)]$

$$= \sum_{x=0}^{c} [a_1 (L - n) + a_2 (X - x) + s_1 n + s_2 x] f (x|X) +$$

$$\sum_{x=c+1}^{n} [r_1(L-n) + r_2 (X - x) + s_1 n + s_2 x] f(x|X) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

โดยที่ $\sum_{x=0}^{c} f(x|X)$ และ $\sum_{x=c+1}^{n} f(x|X)$ เป็นความน่าจะเป็นของการยอมรับและการปฏิเสธ รุ่นผลิตภัณฑ์ตามลำดับ ซึ่งสามารถอธิบายได้ โดยเส้นโค้งโอซี และจากสมการที่ (1)สามารถหาค่าคาดหวังของความเสี่ยง (Expected Risk or Bayes' Risk) ที่มีส่วนสัมพันธ์กับ Prior Distribution $f_L(x)$ คือ

$$R [f_L(X), (n,c)] = \sum_{x=0}^{N} \{ \sum_{x=0}^{c} [a_1(N-n) + a_2(X-x) + s_1 n + s_2 x]f(x|X) +$$

$$\sum_{x=c+1}^{n} [r_1(N-n) + r_2 (X-x) + s_1 n + s_2 x] f(x|X) \} \ f_L(X) \quad \ldots\ldots\ldots(2)$$

ต่อไปจะเป็นการตัดสินในแผนการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสม และมีทางเป็นไปได้ที่จะหาขนาดตัวอย่าง และจำนวนยอมรับ โดยการ Minimize ค่าคาดหวังของความเสี่ยง และได้ค่าความน่าจะเป็นของผลิตภัณฑ์ชำรุดในรุ่นผลิตภัณฑ์คือ

$$f_L (X) = \binom{L}{X} \int_0^1 p^X (1 - p)^{L-X} f(p) \, dp \quad \ldots\ldots\ldots(3)$$

โดยที่ $f(p)$ เป็นฟังก์ชั่นความหนาแน่นสำหรับสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดจากกระบวนการ และที่มาของสมการที่ (3) เป็นข้อสมมติของ Guthrie, D., Jr, M.V. Johns, Jr.,

และ Hald, A. ได้ให้แต่ละรุ่นเป็นลำดับของเหตุการณ์แบบเบอร์นูลี (Bernoulli Events) จากยบวนการด้วยความน่าจะเป็นคงที่ ของการที่ผลิตภัณฑ์ชำรุดเป็น p และฟังก์ชั่นในการควบคุมคุณภาพมีการเรียกว่า เส้นโค้งของยบวนการ (The Process Curve) ซึ่งเส้นโค้งของยบวนการนี้ได้เสนอแบบการแจกแจงที่เป็นที่นิยมกันคือ การแจกแจงแบบเบต้า (Beta Distribution)

$$f(p) = \frac{(\alpha + \beta - 1)!}{(\alpha-1)!(\beta-1)!} \cdot p^{\alpha-1} (1-p)^{\beta-1} \quad \ldots\ldots\ldots(4)$$

โดยที่ $0 \leqslant p \leqslant 1$; $\alpha , \beta > 0$

ฉะนั้น การแจกแจงของจำนวนผลิตภัณฑ์ชำรุดในรุ่นผลิตภัณฑ์จะเป็น

$$f_L(X) = \binom{L}{X} \frac{(\alpha + \beta - 1)!}{(\alpha-1)!(\beta-1)!} \int_0^1 p^{X+\alpha-1} (1-p)^{L-X+\beta-1} dp \quad \ldots\ldots(5)$$

ในทางปฏิบัติเราทราบค่า L ซึ่งเป็นจำนวนรุ่นที่จำกัด ฉะนั้นการแจกแจงที่เหมาะสมก็คือ Hypergeometric Distribution และ Hald, A. ได้แสดงความเห็นว่า สมการที่(3)นั้น มีคุณสมบัติเป็น Reproducible to Hypergeometric Sampling หมายความว่าจำนวนผลิตภัณฑ์ชำรุดในตัวอย่างขนาด n ที่ถูกสุ่มจากรุ่นที่มีขนาด L จะมีการแจกแจงแบบเดียวกันกับตัวอย่างที่สุ่มมาจาก ยบวนการโดยตรง นั่นคือจำนวนยอมรับที่เหมาะสม (c^*) แสดงได้โดยสมการที่(6)

$$(\alpha + \beta + n)\, p_o - (\alpha + 1) < c^* \leqslant (\alpha + \beta + n)\, p_o - \alpha \quad \ldots\ldots\ldots(6)$$

โดยที่ α และ β เป็นค่าพารามิเตอร์ของเส้นโค้งของยบวนการและ p_o เป็น Breakeven Fraction Defective ซึ่งค่า p_o นี้หาได้จากค่าที่เท่ากันของต้นทุนของการยอมรับกับต้นทุนของการไม่ยอมรับคือ

$$p_o = \frac{r_1 - a_1}{a_2 - r_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(7)$$

ฉะนั้น จะได้ขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม (n^*) ประมาณได้โดย

$$n^* \cong \left\{ \frac{L(r_1 - a_1)\, p_o^{\alpha-1} (1 - p_o)^{\beta}}{\frac{2}{\beta(\alpha,\beta)} \{\mu_p (s_2 - r_2) + (s_1 - r_1) + (r_2 - a_2)[\mu_p I_{p_o}(\alpha + 1, \beta) - p_o I_{p_o}(\alpha, \beta)]\}} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad \ldots\ldots(8)$$

โดยที่ $\beta(\alpha,\beta) = \dfrac{(\alpha + \beta - 1)!}{(\alpha - 1)!\,(\beta - 1)!}$

$I_{p_o}(\alpha,\beta)$ และ $I_{p_o}(\alpha + 1,\beta)$ เป็นอัตราส่วนฟังก์ชั่นเบต้าที่ไม่สมบูรณ์ ส่วน μ_p เป็นค่าเฉลี่ยของเส้นโค้งของยบวนการ (Process curve) สำหรับ ค่าจำนวนเต็มของ α และ β เป็นค่าเสริมของ Cumulative Binomial Distribution ของ I คือ

$$I_{p_o}(\alpha, \beta) = B(\alpha ; \alpha + \beta - 1, p_o) \quad \ldots\ldots(9)$$

นั่นคือ สมการที่(6) และ(8) เป็นผลลัพธ์ที่นำไปใช้ในแผนการสุ่มตัวอย่างที่เป็นไปตามแนวเบย์เซียน ในทัศนะ Economically - Based

และในงานของ Barnard E. Smith ยังได้นำข้อมูลของโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตแห่งหนึ่ง ที่คัดเลือกให้เป็น Prior Distribution แบบ Polya โดยนำสมการที่(5) มาประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงด้วยวิธีโมเมนต์ ซึ่งมีวัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบความฟิต (Fit) ระหว่างเส้นโค้งทางทฤษฎีกับเส้นโค้งที่ได้จากข้อมูลที่สังเกตมาดังนี้

$$\mu_X = \frac{L\alpha}{\alpha + \beta}, \quad \mu_p = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \quad \ldots\ldots(10)$$

และ (a) $\sigma_X^2 = \dfrac{L\alpha\beta}{(\alpha+\beta)^2} \cdot \dfrac{(\alpha + \beta + (L)}{(\alpha + \beta + 1)}$ หรือ

(b) $\sigma_p^2 = \dfrac{\alpha\beta(\alpha + \beta + L)}{L(\alpha + \beta)^2(\alpha+\beta + 1)}$ $\quad \ldots\ldots(11)$

โดยที่ X เป็นจำนวนผลิตภัณฑ์ชำรุดในขนาดรุ่น L และ $p = \dfrac{X}{L}$

ต่อไปที่สามารถคำนวณโมเมนต์ของตัวอย่าง โดยที่

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^{k} X_i}{kL} \qquad \text{.....(12)}$$

$$s_p^2 = \frac{\sum_{i=1}^{k} X_i^2}{kL^2} - (\bar{p})^2 \qquad \text{.....(13)}$$

โดยที่ k เป็นจำนวนของกลุ่มย่อย ซึ่งเหมือนเป็นจำนวนรุ่นผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่นำมาตรวจสอบคุณภาพ และนำข้อมูลดังกล่าวมาทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ และให้ $\mu_p = \bar{p}$ และ $s_p^2 = \sigma_p^2$ ซึ่งผลลัพธ์ที่จะได้คือ ตัวประมาณ

$$\hat{\alpha} = \frac{L\bar{p}\left[\bar{p} - (\bar{p})^2 - s_p^2\right]}{L s_p^2 - \bar{p} + (\bar{p})^2} \qquad \text{.....(14)}$$

$$\hat{\beta} = \hat{\alpha}\left(\frac{1}{\bar{p}} - 1\right) \qquad \text{.....(15)}$$

อย่างไรก็ดี การประมาณด้วยวิธีนี้ ยังไม่เหมาะสมในทางปฏิบัติ ซึ่งในกรณีขนาดรุ่น (L) และจำนวนรุ่น (k) มีค่ามาก ๆ จึงไม่เป็นที่น่าพอใจ ที่จะอธิบายโดย Polya Mass Function

ส่วนในการทำงานวิจัยด้านการประมาณค่าพารามิเตอร์ของ Prior Distribution นั้น W.R. Blischke ได้ตีพิมพ์ผลงานเกี่ยวกับการประมาณค่าพารามิเตอร์ของ 2 - component Mixed Binomial Distribution ด้วยวิธีการแบบโมเมนต์ และหลังจากนั้นเขาก็ได้พัฒนางานของเขา จนปี ค.ศ. 1964 เขาก็ประสบความสำเร็จในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของ m-component Mixed Binomial Distribution ต่อมามีนักวิจัยอีกหลายคนก็พยายามจะนำเอาเทคนิคต่าง ๆ ของ W.R. Blischke เพื่อที่จะได้ประยุกต์สู่การประมาณค่าพารามิเตอร์ของ Mixed Polya Distribution แต่ก็ประสบปัญหาความยุ่งยากสลับซับซ้อนทางคณิตศาสตร์ จนกระทั่งปี ค.ศ. 1979 มีนักวิจัยที่มีชื่อเสียงคือ Dr. B.

15671

Khoshnevis ผู้คันเคยและมีประสบการณ์ด้าน Computer Search Routine ได้ใช้วิธีการหาค่าประมาณพารามิเตอร์ ด้วยการหาโดยตรง (Direct Search Method) ซึ่งวิธีการนี้ได้นำเทคนิคด้านการจัดลำดับที่เหมาะสม ในการหาคำตอบของฟังก์ชั่น หรือสมการที่หาคำตอบไม่ได้โดยตรงจากการหาอนุพันธ์ เพราะฟังก์ชั่นหรือสมการบางอย่างมีรูปแบบที่ซับซ้อนและยุ่งยาก อันเป็นแนวคิดส่วนหนึ่งของ R. Hooke และ T.A. Jeeves ผู้คิดวิธีการค้นหาค่าพารามิเตอร์ที่ชื่อเรียกว่า The Hooke-Jeeves Pattern Search (รายละเอียดในส่วนนี้จะกล่าวในบทที่ 3 อันเกี่ยวกับระบบคอมพิวเตอร์)

ส่วนการประมาณค่าพารามิเตอร์ ด้วยวิธีทางแบบโมเมนต์ ของการแจกแจงแบบ Mixed Binomial อันเป็นแนวคิดของ W.R. Blischke มีดังนี้

กำหนดให้ $X_1, X_2, \ldots, X_n$ เป็นอิสระซึ่งกันและกัน และแต่ละตัวแปรมีค่าการแจกแจง คือ

$$P(X_i = x) = \sum_{i=1}^{m} w_i \binom{n}{x} (1 - f_i)^{n-x} f_i^x \quad \ldots\ldots(15)$$

โดยที่ $0 < f_1 < \ldots < f_m < 1$, $\sum_{i=1}^{m} w_i = 1$, $0 < w_i < 1$,

$n \geq 2m-1$, $x = 0,1,2, \ldots, n$ และ $i = 1,2,\ldots n$

การแจกแจงนี้เป็น m - component Mixed Binomial Distribution ซึ่งสามารถอธิบายในเชิงปฏิบัติกับสัญญลักษณ์เหล่านี้ดังนี้ X เป็นจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดในรุ่นผลิตภัณฑ์ ส่วน x เป็นจำนวนผลิตภัณฑ์ชำรุดในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่นำมาตรวจสอบคุณภาพ อนึ่งค่าของ x นี้มีโอกาสที่แสดงค่าได้ถึง n + 1 ค่า กล่าวคือ ถ้าสุ่มผลิตภัณฑ์มาตรวจสอบคุณภาพจำนวน n ชิ้น ในแต่ละรุ่นผลิตภัณฑ์ ฉะนั้นใน 1 ขนาดตัวอย่าง n ผู้ตรวจสอบอาจพบว่า มีผลิตภัณฑ์ชำรุด ตั้งแต่ 0 ชิ้น (ไม่พบผลิตภัณฑ์ชำรุดเลย) หรือ 1 ชิ้น, หรือ ..., หรือ n ชิ้น นั่นคือ $x = 0,1,2,\ldots, n$ จากจุดนี้ จะเห็นว่า ปัญหาก็คือ ตัวประมาณสำหรับ $2m - 1$ พารามิเตอร์ในที่นี้คือ $f_1, f_2, \ldots, f_m$ และ $w_1, w_2, \ldots, w_{m-1}$

หลังจากนั้นจะต้องทำการพิสูจน์ให้ได้ว่า Mixture Distribution มีคุณสมบัติเป็นเพียงคุณลักษณะเดียว (Identifiable) ภายใต้ข้อจำกัดบนพารามิเตอร์ ซึ่งการที่ Mixture ของการแจกแจงใด ๆ มีคุณสมบัตินี้สามารถอธิบายได้ว่า การที่กลุ่มเซต 2 เซต ข้อมูลที่มีค่าพารามิเตอร์ที่ต่างกัน จะไม่สามารถให้ผลทาง Mixed Distribution ที่เหมือนกันได้ สำหรับ Mixture ของ Binomial Distribution นั้น Henry Teicher ได้เสนอผลงานเกี่ยวกับคุณสมบัตินี้ เมื่อ ค.ศ. 1963 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า Mixture ของการแจกแจงข้างต้นมี คุณสมบัติเป็นเพียงคุณลักษณะเดียว (Identifiable)

ส่วนการสร้างตัวประมาณของพารามิเตอร์ W.R. Blischke ได้อ้างว่า Asymptotic Distribution ของตัวประมาณแบบโมเมนต์จะได้รับการพิจารณาตัดสินใจ และ Relative Asymptotic Efficiencies ของ Asymptotic Distribution (ขณะที่ขนาดตัวอย่าง $n \to \infty$) จะถูกคำนวณ ตัวประมาณแบบโมเมนต์จะแสดงให้เห็นว่ามีคุณสมบัติความแนบแน่น (Consistent) แต่ไม่มีประสิทธิภาพ (Inefficient) ยกเว้นกรณีที่ $n = 2r - 1$ หรือ n ที่มีขนาดใหญ่มาก ๆ ซึ่งในทางปฏิบัตินั้น Asymptotic Efficiency ของตัวประมาณแบบโมเมนต์ จะโน้มน้าวสู่ค่าค่าเดียว (Unity) ขณะที่พารามิเตอร์ของ Binomial คือ $n \to \infty$ และยังพบว่าผลลัพธ์ส่วนมากของผลลัพธ์เหล่านี้ที่ได้รับจากตัวประมาณแบบโมเมนต์ เมื่อทราบค่าพารามิเตอร์บางค่าใน $2m - 1$ ค่า นั้น Asymptotic Efficiencies จะโน้มน้าวสู่ค่าศูนย์ เมื่อ $n \to \infty$

ข้อสังเกต ตัวประมาณแบบโมเมนต์ จะมีลักษณะเป็น Asymptotically Efficiencies เมื่อ $n = 2m - 1$ เสมอด้วยข้อสมมติที่ว่า เลือกค่า n ที่น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งข้อเท็จจริงนี้ พิสูจน์ได้จากวิธีการหาค่าพารามิเตอร์ แบบ Maximum Likelihood และ Modified Minimum χ^2 ซึ่งค่าตัวประมาณพารามิเตอร์ จะให้ค่าความพิต โค้งที่ดีที่สุด (Best Fit) กับการแจกแจงความถี่ของค่าสังเกตที่เป็นตัวอย่าง ฉะนั้นเมื่อ $n = 2m - 1$ โมเมนต์ของตัวอย่าง $2m - 1$ ค่า จะเท่ากันโดยอนุโลมกับโมเมนต์ของประชากรตามลำดับ ดังนั้น Asymptotic Efficiencies ที่เป็นฟังก์ชั่นของค่าพารามิเตอร์ n ของ Binomial มักจะไม่เกิดขึ้นบ่อยในเหตุการณ์จริง

นั่นคือ การสร้างตัวประมาณ ถ้าเราจะหาโดยทางตรงจากวิธีการมาตรฐานต่าง ๆ เช่น Maximum Likelihood หรือ Minimum χ^2 นั้น จะประสบความยุ่งยากมาก ฉะนั้น การแก้ปัญหาลุดนี้ จะใช้เทคนิคทาง Numerical ที่เป็นแนวประยุกต์ในทางคุณสมบัติที่เหมาะสม มี 3 วิธีการ โดย 2 วิธีการแรก ใช้พื้นฐานของตัวประมาณแบบโมเมนต์ (ในส่วนความแนบ-แน่น (Consistent) และAsymptotically Normal) ส่วนวิธีการสุดท้ายจะใช้เทคนิค Neyman's Linearization

ในวิธีการแรก ตัวประมาณแบบโมเมนต์ นั้นวิธีการของ Minimum χ^2 จะให้ผลตัวประมาณแบบ Asymptotically Efficient แต่วิธีนี้จะ Minimize เทอมแรกของ Taylor's Series Expansion ของค่า χ^2 ที่เหมาะสม และผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นตัวประมาณแบบโมเมนต์ที่ Asymptotically Efficient ซึ่งเรียกโดยย่อว่า ตัวประมาณแบบ BAN (Best Asymptotically Normal Estimator)

ส่วนวิธีการที่สอง ตัวประมาณแบบโมเมนต์ที่สร้างขึ้นเป็นแนวคิดของ Le Cam ซึ่งวิธีการสร้างนี้ได้อาศัยพื้นฐานของสมการLikelihood ที่มีส่วนสัมพันธ์กับ Mixiumum Likelihood Iteration Schemeนั่นเอง ผลลัพธ์ที่ได้เป็นตัวประมาณแบบโมเมนต์ที่เป็น Asymptotically Efficient

ในวิธีการที่สาม เป็นการสร้างตัวประมาณแบบ BAN โดยใช้แนวเทคนิค Neyman's linearization ซึ่งเทคนิคนี้อาศัยพื้นฐานของการ Minimize ตัวแปร χ^2 ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ก็เป็นตัวประมาณแบบ BAN นั่นเอง

2.3.1 <u>ทฤษฎีบทของ Alexander Mood</u>

ซึ่งทฤษฎีบทนี้เผยแพร่ เมื่อปี ค.ศ. 1943 โดยมีเนื้อความว่า "ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผลิตภัณฑ์ชำรุดในตัวอย่าง (x) กับจำนวนผลิตภัณฑ์ชำรุดที่เหลืออยู่ในรุ่นผลิตภัณฑ์ (X - x) จะเป็นบวก ศูนย์หรือลบ ขึ้นกับว่าความแปรปรวนของจำนวนผลิต-ภัณฑ์ชำรุดจากรุ่นต่อรุ่น (σ_x^2) นั้นมีค่ามากกว่า เท่ากับหรือน้อยกว่า ความแปรปรวนของ Binomial ($Lf\ (1 - f)$) ตามลำดับ"

ทฤษฎีบทนี้ ได้ให้แนวคิดกับผู้ตรวจสอบคุณภาพไม่ว่าจะเป็นวิศวกร หรือนักสถิติ คือต้องหาความแปรปรวนร่วม

$$\sigma_{x(X-x)} = \frac{n(L-n)}{L(L-1)} \left[\sigma_x^2 - (L\bar{f}\ \overline{(1-f)}) \right] \quad \ldots\ldots\ldots(17)$$

การเป็นบวกเสมอ หมายความว่า ถ้าตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ตรวจสอบมีคุณภาพดี แสดงว่า ผลิตภัณฑ์ที่เหลือในรุ่นผลิตภัณฑ์จะมีคุณภาพที่ดีด้วย เช่นเดียวกัน ถ้าคุณภาพตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ตรวจสอบเลว ผลิตภัณฑ์ที่เหลือก็มีคุณภาพที่เลวด้วย

กรณีที่ Prior Distribution ของผลิตภัณฑ์ชำรุดเป็น Binomial ด้วยค่าพารามิเตอร์ f แล้ว จำนวนผลิตภัณฑ์ชำรุดในตัวอย่างที่นำมาตรวจสอบและในส่วนที่เหลืออยู่ในรุ่นจะเป็นอิสระซึ่งกันและกัน ผลกระทบที่มีต่อการควบคุมคุณภาพนั้นจะทำให้ผู้ตรวจสอบคุณภาพไม่สามารถกำหนดแผนการควบคุมคุณภาพ หรือแผนการสุ่มตัวอย่าง เพื่อยอมรับรุ่นผลิตภัณฑ์ได้แน่นอน เพราะไม่สามารถนำผลที่ได้จากตัวอย่างไปอนุมาน ส่วนที่เหลือในรุ่นผลิตภัณฑ์ได้เลย เนื่องจากความเป็นอิสระซึ่งกันและกันของผลิตภัณฑ์ชำรุดในรุ่น และยังส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบสูงขึ้นด้วย

ในความเป็นจริง วงการอุตสาหกรรมการผลิต ที่สามารถใช้ระบบการควบคุมคุณภาพแบบปกติ และได้ผลนั้น อาจนำทฤษฎีบทของ Alexander Mood ไปประยุกต์ใช้ และข้อเท็จจริงที่ควรยอมรับคือ ไม่มีการผลิตใด (ถ้ามีก็น้อยมาก) ที่สามารถควบคุมการผลิต ให้เที่ยงตรงแน่นแน่ ตลอดขบวนการผลิต และทำให้การที่ผลิตภัณฑ์ชิ้นแรกผลิตออกมามีโอกาสที่จะชำรุดอย่างเป็นอิสระกับผลิตภัณฑ์ชิ้นต่อไปที่จะชำรุด จึงยืนยันได้แน่ว่า ถ้าการผลิตอุตสาหกรรมนั้น Prior Distribution ของผลิตภัณฑ์ชำรุดจึงไม่มีโอกาสจะเป็น Binomial Distribution ได้เลย

2.3.2 Reproducibility

การมีคุณสมบัติ Reproducibility ของการแจกแจงใด ๆ นั้น A. Hald ได้เสนอผลงานเมื่อปี ค.ศ. 1960 ได้แสดงถึง การแจกแจงเหล่านี้ที่มีคุณสมบัตินี้ โดยเรียกว่า "Reproducible to hypergeometric Sampling" อธิบายได้ว่า Prior Distribution $f_L(x)$ เป็นหนึ่งในการแจกแจงที่มีคุณสมบัติแบบนี้แล้ว การแจกแจงส่วนริม

($g_n(x)$: Marginal Distribution)

$$g_n(x) = \sum_X J(x,X) = \sum_{X=x}^{L-n+x} f_L(X)\ l_n(x|X) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(18)$$

โดยที่ $J(x,X) = f_L(X)\ l_n(x|X)$ .....(19)

เรียกว่า การแจกแจงร่วม (Joint Distribution) และ

$$l_n(x|X) = \frac{\binom{n}{x}\binom{L-n}{X-x}}{\binom{L}{x}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(20)$$

เรียกว่า การแจกแจงอย่างมีเงื่อนไขของจำนวนผลิตภัณฑ์ชำรุดในตัวอย่างที่สุ่มมาตรวจสอบ โดยกำหนดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดในรุ่นผลิตภัณฑ์ จะอยู่ในรูป $f_n(x)$, L และX ใน Prior Distribution จะถูกแทนค่าได้โดยง่ายด้วย n และ x และ A. HALD พบว่า การแจกแจงที่เป็น Reproducible to Hypergeometric Sampling เช่น Binomial, Mixed Binomial, Uniform, Polya, Mixed Polya และ Hypergeometric Distribution

พิจารณาสมการที่(20) เมื่อรุ่นผลิตภัณฑ์มีจำนวนจำกัดนับได้ การแจกแจงดังกล่าวจะเป็น Hypergeometric Distribution ซึ่งจะเห็นว่า การแจกแจงนี้เป็นเงื่อนไขภายใต้จำนวนของผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดในรุ่นผลิตภัณฑ์ A. HALD ยังได้แสดงให้เห็นว่า Mixed Binomial, Polya และ Mixed Polya ซึ่ง $g_n(x)$ ในสมการที่(18) ต่างก็มีรูปแบบที่เหมือนกันกับที่เป็น Prior และจากสมการที่(18) อาจเขียนสมการใหม่สำหรับ Mixed Binomial Prior Distributionดังนี้

$$g_n(x) = \sum_{i=1}^{m} w_i \binom{n}{x} f_i^x\ (1 - f_i)^{n-x} \quad ;\ m \geq 2 \quad \ldots\ldots\ldots(21)$$

และสำหรับ Polya และ Mixed Polya Prior Distribution ดังนี้

$$g_n(x) = \sum_{i=1}^{m} w_i \binom{n}{x} \frac{\Gamma(s_i+x)\ \Gamma(t_i+n-x)\Gamma(s_i+t_i)}{\Gamma(s_i)\ \Gamma(t_i)\ \Gamma(s_i+t_i+n)} \quad \text{.....(22)}$$

นั่นคือ Mixed Binomial, Polya และ Mixed Polya เป็น Reproducible to Hypergeometric Sampling ด้วยกัน

เพื่อที่จะแสดงให้เห็นถึงทฤษฎีบทของ Alexander Mood และความคิดของความสัมพันธ์ระหว่างตัวอย่างผลิตภัณฑ์และคุณภาพของส่วนที่เหลือในรุ่นผลิตภัณฑ์ จำเป็นจะต้องพัฒนาเทอมทั่ว ๆ ไปของ Posterior Distribution ซึ่ง Posterior Distribution ของจำนวนผลิตภัณฑ์ชำรุดในผลิตภัณฑ์ส่วนที่เหลือของรุ่นผลิตภัณฑ์โดยกำหนดผลที่ได้จากตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่นำมาตรวจสอบคือ

$$h_{L-n}(X-x|x) = \frac{J(x,X)}{g_n(x)} = \frac{f_L(X)\ l_n(x|X)}{g_n(x)} \quad \text{.....(23)}$$

โดยที่ $X - x = 0,1,\ldots, N-n$

ดังนั้น ความน่าจะเป็นของผลิตภัณฑ์ชำรุดจำนวน $X - x$ ในส่วนที่ไม่ถูกดึงสุ่มมาเป็นตัวอย่างของรุ่นผลิตภัณฑ์โดยกำหนดจำนวน x ผลิตภัณฑ์ชำรุด ที่ถูกสังเกตในตัวอย่างที่สามารถนำไปใช้ในการตัดสินรุ่นผลิตภัณฑ์ได้

ในทางปฏิบัตินั้น การยอมรับผลจากการสุ่มตัวอย่าง (Acceptance Sampling) Posterior Distribution ของรุ่นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับ ควรจะสังเกตได้ง่าย ๆ กล่าวคือ "จำนวนน้อย ๆ ของผลิตภัณฑ์ที่ชำรุด ที่ยังคงอยู่ในรุ่นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับจะมีความน่าจะเป็นสูงกว่าภายใต้ Prior Distribution ในทางตรงข้าม จำนวนมาก ๆ ของผลิตภัณฑ์ชำรุด จะมีความน่าจะเป็นต่ำกว่า"

มีการแจกแจง 2 อย่าง จะถูกใช้ในแต่ละตัวอย่าง การแจกแจงแรกนั้นถูกพล็อตในแต่ละตัวอย่างคือ $f_{L-n}(y)$ โดยที่ $y = X-x = 0,1,2,\ldots, L-n$ ในเทอมของ $y = X-x$ จะนำไปใช้เพื่อให้เข้าใจว่า $X - x$ เป็นค่าคงที่ แม้ว่าผลรวม over x ซึ่ง X จะเพิ่มขึ้นทีละขึ้นผลิตภัณฑ์ด้วยค่า x และดำเนินต่อไปสู่ค่าคงที่ $y = X - x$ ฟังก์ชั่นนี้แสดงถึง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปแบบเดิมของ Prior Distribution ของผลิตภัณฑ์ชำรุด ประยุกต์สู่ผลิตภัณฑ์ที่เหลือขนาด $L - n$

ส่วนการแจกแจงอันที่สองในแต่ละตัวอย่างเป็นการแจกแจงของผลิตภัณฑ์ชำรุดในส่วนที่ไม่ได้เป็นทุกอย่าง ($L - n$ ชิ้น) ของรุ่นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับโดยเฉพาะ (โดยที่ $(x \leqslant c)$ คำนวณได้ดังนี้

$$h_{L-n}(y = X - x \,|\, x \leqslant c) = \sum_{x=0}^{c} \frac{h_{L-n}(y = X - x \,|\, x)\; g_n(x)}{\sum_{x=0}^{c} g_n(x)} \quad \ldots\ldots(24)$$

โดยที่ $X - x = 0, 1, \ldots, L-n$

ซึ่งการแจกแจงนี้อาจพิจารณาให้ง่ายขึ้นโดยตารางเมตริกซ์ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2 เมตริกซ์ $h_{L-n}(y = X - x|x)$; $x = 0,1,\ldots,n$ $y = X - x = 0,1,\ldots, L-n$

	$y = X - x$					
	0	1	2	. . . .	L - n	การแจกแจงส่วนริม
0	$h_{L-n}(0,0)$	$h_{L-n}(1,0)$	$h_{L-n}(2,0)$	. . .	$h_{L-n}(L-n,0)$	$g_n(0)$
1	$h_{L-n}(0,1)$	$h_{L-n}(1,1)$	$h_{L-n}(2,1)$	. . .	$h_{L-n}(L-n,1)$	$g_n(1)$
2	$h_{L-n}(0,2)$	$h_{L-n}(1,2)$	$h_{L-n}(2,2)$	. . .	$h_{L-n}(L-n,2)$	$g_n(2)$
.	.	.	.	$h_{L-n}(X-x/x)$	.	.
.	.	.	.		.	.
.	.	.	.		.	.
c	$h_{L-n}(0,c)$	$h_{L-n}(1,c)$	$h_{L-n}(2,c)$	. . .	$h_{L-n}(L-n,c)$	$g_n(c)$

จำนวนเศษของล็อตการที่(24) นั้นถูกคำนวณ โดยการถ่วงน้ำหนัก Posterior $h_{L-n}(y = X - x|x)$ โดยการแจกแจงล่วนรวม $g_n(x)$ และการรวมผลตลอดทุกค่าของ x จากศูนย์ถึงค่าจำนวนยอมรับ ซึ่งค่า $g_n(x)$ สามารถนำมาจากล็อตการที่(18) ล่วนตัวจำนวนล่วนนั้นเป็นค่าความน่าจะเป็นง่าย ๆ ของการยอมรับที่เป็นปัจจัยเงื่อนไขในล็อตการที่(24)ซึ่งเป็นปกติในการแจกแจงของ $h_{L-n}(y = X - x| x \leq c)$

2.4 Prior Distribution ที่สำคัญ

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในเรื่องของ Attributes Acceptance Sampling ก็คือการแยกแยะระหว่างรุ่นผลิตภัณฑ์ที่ดี และรุ่นผลิตภัณฑ์ชำรุด เช่น ในการสุ่มตัวอย่างเดี่ยว ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ถูกดึงออกจากรุ่นผลิตภัณฑ์และล่วนที่เหลือของรุ่นอาจได้รับการยอมรับหรือไม่ขึ้นกับผลที่ได้จากการตรวจสอบตัวอย่าง อย่างไรก็ตาม Attributes Acceptance Sampling อาจไม่ทำหน้าที่ที่ดีอย่างเพียงพอ ตามทฤษฎีของ Alexander Mood นั้นบ่งบอกได้ชัดเจน และได้กล่าวมาแล้วว่า ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ของรุ่นที่ถูกดึงจากรุ่นผลิตภัณฑ์ที่มีประชากรการแจกแจงของผลิตภัณฑ์ชำรุดแบบ Binomial จะไม่มีพื้นฐานที่ดีพอที่จะไปอนุมานเกี่ยวกับล่วนที่เหลืออยู่ของรุ่นผลิตภัณฑ์ โดยมีความล้มพันธ์ระหว่างตัวอย่างกับล่วนที่เหลืออยู่ในรุ่น จะเป็นตัวยืนบทบาทในล่วนนี้

ซึ่งเป็นที่ทราบแล้วว่า ใน Attributes Bayesian Acceptance Sampling Plan ในทัศนะ Economically-Based ต้องการระบุที่แน่ชัดของ Prior Distribution ของผลิตภัณฑ์ชำรุด เพื่ออ้างอิงทฤษฎีของ Alexander Mood และนักวิจัยต่าง ๆ เช่น G.A. Barnard B.E. Smith G.B. Wetherill และ W.K. Chiu ได้มีการศึกษาวิจัยข้อมูลทางอุตสาหกรรมการผลิต และต่างก็เสนอผลงานของตนเองมา ซึ่งจะได้อธิบายการแจกแจงเหล่านี้ในหลาย ๆ รูปแบบดังนี้

2.4.1 Binomial

การแจกแจงแบบนี้เป็นการอธิบายถึงจำนวนผลิตภัณฑ์ชำรุด จากรุ่นต่อรุ่นได้เหมาะสม เฉพาะกรณีที่ยบวนการผลิตที่มีผลให้ค่าสัดล่วนผลิตภัณฑ์ชำรุด (f) ที่คงที่ กรณีการแจกแจงแบบนี้ก็เหมือน Mixed Binomial Component ที่ 1 และจะเกิดขึ้นในกรณีสภาวะการผลิตที่สมบูรณ์แบบจริง ๆ ทั้งด้านเทคนิคในการผลิตที่สามารถควบคุมการที่ผลิตภัณฑ์

ชำรุดในระดับ ที่คงที่ตลอดขบวนการผลิต เงื่อนไขแบบนี้เกิดขึ้นน้อยมากในทางปฏิบัติ เนื่องจากว่า การที่ผลิตภัณฑ์ชำรุดเกิดขึ้นอย่างเป็นอิสระต่อกัน เช่นผลิตภัณฑ์สับประรดกระป๋องชนิดหนึ่ง และมีการผลิตที่สมบูรณ์แบบ เพื่อให้เกิด การแจกแจงของผลิตภัณฑ์ชำรุดที่คงที่ระดับ ได้นั้น จะต้อง เริ่มที่ขบวนการคัดเลือกวัตถุดิบที่สม่ำเสมอ เครื่องจักรต้องคงที่ พนักงานผลิตต้องมีความสามารถคงที่สม่อตลอดขบวนการผลิต ซึ่งเป็นไปได้ยากมากในการผลิตจริง ๆ ส่วนความเป็นอิสระซึ่งกันและกันของผลิตภัณฑ์ชำรุดนั้น ก็เป็นไปไม่ได้ตามเงื่อนไขความเป็นจริงและเงื่อนไขทางทฤษฎีของการแจกแจง แต่อย่างไรก็ตามในบางครั้งอาจมีความจำเป็นที่จะกำหนดให้ Prior Distribution ของผลิตภัณฑ์ชำรุดมีการแจกแจงแบบ Binomial และ Binomial Prior Distribution นี้ นิยามในฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นได้ดังนี้

$$f_L(X) = \binom{L}{X} f^X (1 - f)^{L-X} \quad \text{.....(25)}$$

โดยที่ $0 \leq f \leq 1$ และ $X = 0,1,2,\ldots, L$

สำหรับการแจกแจงนี้

$$\bar{f} = f \quad \text{.....(26)}$$

และ

$$\sigma_X^2 = L f (1 - f) \quad \text{.....(27)}$$

ดังนั้นจากสมการที่ (17)

$$\sigma_{x(X-x)} = \frac{n(L - n)}{L(L-1)}\left[L f (1 - f) - L f (1 - f)\right] = 0 \quad \text{.....(28)}$$

จากทฤษฎีบทของ Alexander Mood สมการที่ (28) $\sigma_{x(X-x)}$ มีค่าเท่ากับศูนย์ แสดงว่าค่าความแปรปรวนร่วมระหว่างจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดในตัวอย่างและจำนวนผลิตภัณฑ์ชำรุดในส่วนผลิตภัณฑ์ที่เหลือของรุ่นผลิตภัณฑ์ เท่ากับศูนย์หรือไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์ชำรุดในตัวอย่างกับผลิตภัณฑ์ชำรุดที่เหลือในรุ่นผลิตภัณฑ์หลังจากที่สุ่มผลิตภัณฑ์ไปตรวจสอบจำนวน n ผลิตภัณฑ์นั่นคือ ไม่สามารถที่จะอนุมานเกี่ยวกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ส่วน

ที่เหลือบุฉฐานของผลจากผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง

แต่ Binomial Distribution เป็น Reproducible to Hypergeometric Sampling

$$g_n(x) = \binom{n}{x} f^x (1-f)^{n-x} \quad \text{.....(29)}$$

โดยที่ $x = 0,1,2,\ldots, n$ และ

$$h_{L-n}(X-x|x) = \binom{L-n}{X-x} f^{X-x}(1-f)^{L-n-X+x} \quad \text{.....(30)}$$

โดยที่ $X - x = 0,1,2,\ldots, L-n$

จะได้ Posterior Distribution ของรุ่นผลิตภัณฑ์ที่ยอมรับจะเป็น

$$h_{L-n}(y = X-x | x \leq c) = \frac{\sum_{x=0}^{c}\binom{L-n}{y} f^y (1-f)^{L-n-y}\binom{n}{x} f^x (1-f)^{n-x}}{\sum_{x=0}^{c}\binom{n}{x} f^x (1-f)^{n-x}} \quad \text{..(31)}$$

ถ้าเราให้ y เป็นเล่มือนค่าคงที่ สมการที่(31)เราลดรูปได้เป็น

$$h_{L-n}(y = X-x | x \leq c) = \binom{L-n}{y} f^y (1-f)^{L-n-y} \quad \text{.....(32)}$$

โดยที่ $y = 0,1,2,\ldots, L-n$

เราจะประยุกต์ Prior Distribution สู่รุ่นผลิตภัณฑ์ของขนาด L-n ได้ผลลัพธ์เป็น

$$f_{L-n}(y) = \binom{L-n}{y} f^y (1-f)^{L-n-y} \quad \text{.....(33)}$$

โดยที่ $y = 0,1,2,\ldots L-n$

จากสมการที่(33) เป็น Prior Distribution สำหรับรุ่นผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่ได้รับการตรวจสอบ ที่มีส่วนคล้ายคลึงกับสมการที่(32) ที่เป็น Posterior Distribution สำหรับรุ่นที่ได้รับการตรวจสอบและยอมรับรุ่นผลิตภัณฑ์แล้ว และเมื่อพิจารณาทฤษฎีบทของ Alexander Mood นั้น ก็เป็นว่าสอดคล้องกับความจริงสำหรับสองสมการข้างต้น และสามารถ

สรุปได้ว่า แผนการยอมรับผลจากการตรวจสอบตัวอย่าง (Acceptance Sampling Plan) ใด ๆ ก็ตาม ไม่สามารถทำให้เกิดผลทางปฏิบัติที่ดีขึ้น ในการแจกแจงของผลิตภัณฑ์ชำรุด ในรุ่นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับแล้ว เมื่อ Prior Distribution ของผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดเป็นแบบ Binomial

2.4.2 Mixed Binomial

Mixed Binomial เป็น Prior Distribution ที่มีความใกล้เคียงกับสภาพการณ์การผลิตทางอุตสาหกรรมได้ดีและเป็นการแจกแจงที่มี component ที่มากกว่า 1 เพราะไม่เช่นนั้น จะเป็น Binomial Distribution นักวิจัยที่กล่าวมาแล้วข้างต้นได้สันนิษฐานว่า Mixed Binomial Distribution เป็นการแจกแจงได้สันนิษฐานว่า Mixed Binomial Distribution เป็นการแจกแจงที่ดีมาก การแจกแจงหนึ่ง สำหรับรูปแบบ Bayesian Acceptance Sampling ที่สามารถประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวาง เช่น ในกรณีมี m ยี่ห้อต่างของเครื่องจักร วัตถุดิบ ผู้ควบคุมเครื่องจักรดูแลยี่ห้อต่าง ฯลฯ ดังนั้น สัดส่วน w_i เป็นสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ผลิต โดยขบวนการที่ก่อให้เกิดสัดส่วน ผลิตภัณฑ์ชำรุด f_i และ Mixed Binomial Distribution

$$f_L(X) = \sum_{i=1}^{m} w_i \binom{L}{X} f_i^X (1 - f_i)^{L-X} \quad \text{.....(34)}$$

โดยที่ $0 \leq f_i \leq 1$, $\sum_{i=1}^{m} w_i = 1$, $X = 0,1,2,\ldots,L$

สำหรับการแจกแจงนี้มีค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน และความแปรปรวนร่วมดังนี้

$$\bar{f} = \sum_{i=1}^{m} w_i f_i \quad \text{.....(35)}$$

และ

$$\sigma_X^2 = L \sum_{i=1}^{m} w_i f_i (1 - f_i) + L^2 \sum_{i=1}^{m} w_i (f_i - \bar{f})^2 \quad \text{...(36)}$$

ดังนั้นจากสมการที่(17)

$$\sigma_{x(X-x)} = \frac{n(L-n)}{L(L-1)} \left[L \sum_{i=1}^{m} w_i f_i (1-f_i) + L^2 \sum_{i=1}^{m} w_i (f_i - \bar{f})^2 - L\bar{f}(\overline{1-f}) \right] \quad ..(37)$$

ล่ามารถลดรูปได้เป็น

$$\sigma_{x(X-x)} = n(L-n) \left[\sum_{i=1}^{m} w_i f_i^2 - \bar{f}^2 \right] \geq 0 \quad .....(38)$$

ซึ่งจะเห็นได้ว่า ความแปรปรวนร่วมในล่มการที่ (38) จะเป็นบวกเล่มอล่ำหรับ $L > n \geq 1$ และ มีค่าของ f_i อย่างน้อยที่แตกต่างกัน 2 ค่า และมีค่าล้มประสิทธิ์ล่หล้มพันธ์ระหว่างจำนวนผลิตภัณฑ์ย่ำรุดในตัวอย่างกับจำนวนผลิตภัณฑ์ย่ำรุดในล่วนของผลิตภัณฑ์ไม่ได้ตกเป็นตัวอย่างของรุ่นผลิตภัณฑ์ ที่มีค่าเป็นบวกเล่มอ นั่นแล่ดงว่าจากทฤษฎีบทของ Alexander Mood กล่าวคือ ในแผนการยอมรับผลจากการตรวจล่อบตัวอย่าง (Acceptance Sampling Plan) ใด ๆ ก็ตาม ผลการตรวจล่อบตัวอย่างที่ถูกลุ่มมาจากรุ่นใด ๆ ก็ตามในขบวนการผลิต จะล่ามารถให้ย่าวล่ารในทางเดียวกันเกี่ยวกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ล่วนที่ไม่ได้ถูกลุ่มเป็นตัวอย่างจากรุ่นผลิตภัณฑ์เมื่อ Prior Distribution ของผลิตภัณฑ์ที่ย่ำรุด เป็นแบบ Mixed Binomial เช่น ถ้าคุณภาพของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ดีแล้วจะได้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ล่วนที่เหลือที่ไม่ได้ตกเป็นตัวอย่างที่ดีด้วยเช่นกัน

ล่วนคุณล่มบัติของ Mixed Binomial Distribution นั้นเป็น Reproducible to Hypergeometric Sampling

$$g_n(x) = \sum_{i=1}^{m} w_i \binom{n}{x} f_i^x (1 - f_i)^{n-x} \quad .....(39)$$

โดยที่ $x = 0,1,2,\ldots, n$

และเราได้

$$h_{L-n}(X-x|x) = \frac{\sum_{i=1}^{m} w_i \binom{L-n}{X-x} f_i^X (1-f_i)^{L-X}}{\sum_{i=1}^{m} w_i f_i^x (1-f_i)^{n-x}} \quad .....(40)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยที่ $X - x = 0,1,2,\ldots, N-n$

ฉะนั้นจากสมการที่ (39)และ (40)Posterior Distribution ของรุ่นที่ได้รับการยอมรับได้รับการหาโดยสมการที่ (24)

2.4.3 Uniform

สำหรับ Uniform Distribution นั้นก่อนที่จะทำการใช้ให้เป็น Prior Distribution ของผลิตภัณฑ์ชำรุดจะต้องสมมติเงื่อนไขว่าทุก ๆ รุ่นผลิตภัณฑ์ที่เป็นไปได้จะต้องมีสัดส่วน ผลิตภัณฑ์ชำรุด (f) เท่ากันตลอดซึ่งในความเป็นจริงแล้วจะเป็นไปได้ยาก แต่เหตุผลที่มีผู้นำมาใช้ก็เนื่องจากเป็นการประยุกต์ง่าย ๆ ในการผลิต โดยถือว่าคุณภาพของรุ่นผลิตภัณฑ์ที่เหมือน ๆ กัน และคล้ายคลึงกัน ซึ่งก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ชำรุดในสัดส่วนที่เท่ากัน จึงนำ Uniform Distribution นี้มาใช้ในบางครั้ง

ในด้านนิยามของ Uniform Distribution เป็นดังนี้

$$f_L(X) = \frac{1}{L+1}, \qquad X = 0,1,2,\ldots, L \qquad \ldots\ldots\ldots(41)$$

และมีค่าเฉลี่ย ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมดังนี้

$$\bar{f} = \frac{1}{2} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(42)$$

และ

$$\sigma_X^2 = \frac{L(L+2)}{12} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(43)$$

ดังนั้นจากสมการที่ (17) เราได้

$$\sigma_{x(X-x)} = \frac{n(L-n)}{L(L-1)} \left[\frac{L(L+2)}{12} - \frac{L}{4} \right] \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(44)$$

ซึ่งสามารถลดรูป สมการที่ (44) ลงได้เป็น

$$\sigma_{x(X-x)} = \frac{n(L-n)}{12} \geq 0 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(45)$$

และจะเห็นว่า ค่าความแปรปรวนร่วมนั้นเป็นบวกเสมอ สำหรับ $L > n \geq 1$ สำหรับ Uniform Distribution นี้เป็น Reproducible to Hypergeometric Sampling ดังนั้น

$$g_n(x) = \frac{1}{n+1} \quad \text{โดยที่} \quad x = 0,1,2,\ldots, n \qquad \ldots\ldots\ldots(46)$$

และ
$$h_{L-n}(X-x|x) = \frac{\frac{1}{L+1}\binom{n}{x}\binom{L-n}{X-x}}{\frac{1}{n+1}\binom{L}{X}} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots(47)$$

โดยที่ $X - x = 0,1,\ldots, L-n$

จากสมการที่ (46) และ (47) Posterior Distribution ของรุ่นที่ได้รับการยอมรับ หาค่าได้จากสมการที่ (24)

2.4.4 Polya

Polya Distribution เป็นการแจกแจงที่มีคุณค่ามากเนื่องจาก สามารถรับเอาในหลาย ๆ รูปร่างประกอบด้วย Binomial, Uniform Distribution ดังที่ได้อธิบายแล้ว และ Hypergeometric ดังจะได้อธิบายต่อไป Polya Distribution นี้มีความเหมาะสมที่จะใช้เป็น Prior Distribution สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมา มีช่วงพิสัยของค่าชำรุดที่กว้าง ซึ่งในการปฏิบัติแล้วการผลิตโดยทั่ว ๆ ไปนั้น สัดส่วนผลิตภัณฑ์ชำรุดนั้นมีค่าสัดส่วนที่แตกต่างกันมากในขบวนการผลิตเดียวกัน ทั้งนี้ขึ้นกับ เทคนิคการผลิตของพนักงานฝ่ายผลิต และองค์ประกอบทางด้านอื่น เช่น เครื่องจักร วัตถุดิบ เป็นต้น ซึ่ง Polya นี้อาจเป็นความคิดจากรูปแบบที่ไม่ต่อเนื่องของ Beta Distribution แต่ในทางทฤษฎีแล้ว Polya Distribution นี้เป็นการแจกแจงที่เหมาะสม สำหรับการอธิบาย ผลิตภัณฑ์ชำรุด จากรุ่นต่อรุ่น เมื่อขบวนการผลิต มีสัดส่วนผลิตภัณฑ์ชำรุด f ที่หลากหลายตาม Beta Distribution

นิยามของPolya Distribution เป็นดังนี้

$$f_L(X) = \binom{L}{X} \frac{\Gamma(s+X)\,\Gamma(t+L-X)\,\Gamma(s+t)}{\Gamma(s)\quad\Gamma(t)\quad\Gamma(s+t+L)} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots(48)$$

โดยที่ $X = 0,1,2, \ldots, L$

สำหรับการแจกแจงนี้ มีค่าเฉลี่ย ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมดังนี้

$$\bar{f} = \frac{s}{s+t} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(49)$$

$$\sigma_X^2 = \frac{L\,s\,t}{(s+t)^2} \cdot \frac{s+t+L}{s+t+1} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(50)$$

ดังนั้น จากสมการที่ (17) จะได้ค่าความแปรปรวนร่วมเป็น

$$\sigma_{x(X-x)} = \frac{n\,(L-n)}{L(L-1)} \left[\frac{L\,s\,t}{(s+t)^2} \cdot \frac{s+t+L}{s+t+1} - \frac{L\,s\,t}{(s+t)^2} \right] \ldots\ldots\ldots(51)$$

ซึ่งสามารถลดรูปได้เป็น

$$\sigma_{x(X-x)} = \frac{n\,(L-n)}{(L-1)} \cdot \frac{st}{(s+t)^2} \cdot \left[\frac{s+t+L}{s+t+1} - 1 \right] \qquad \ldots\ldots\ldots(52)$$

จะเห็นได้ว่า เทอมความแปรปรวนร่วมเป็นบวกเสมอ สำหรับ $L > n > 1$ และ $s,t > 0$ ซึ่งสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นบวกระหว่างจำนวนผลิตภัณฑ์ชำรุดในตัวอย่างและจำนวนผลิตภัณฑ์ในส่วนที่ไม่ได้ตกเป็นตัวอย่างของรุ่นผลิตภัณฑ์

Polya ซึ่งเป็น Reproducible to Hypergeometric Sampling จะนั้น จะได้

$$g_n(x) = \binom{n}{x} \frac{\Gamma(s+x)\,\Gamma(t+n-x)\,\Gamma(s+t)}{\Gamma(s)\quad\Gamma(t)\quad\Gamma(s+t+n)} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots(53)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยที่ $x = 0,1,2,\ldots, n$

และ

$$h_{L-n}(X-x|x) = \binom{L-n}{X-x} \frac{\Gamma(s + X)\ \Gamma(t + L - X)\ \Gamma(s + t + n)}{\Gamma(s + x)\ \Gamma(t + n - x)\ \Gamma(s + t + L)} \quad \ldots\ldots\ldots(54)$$

โดยที่ $X - x = 0,1,2,\ldots, L-n$

จากสมการที่ (53) และ (54) Posterior Distribution ของรุ่นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับ หาค่าโดยใช้สมการที่ (24)

2.4.5 Mixed Polya

Mixed Polya Distribution นี้เป็น Prior Distribution ที่มีคุณค่าและเป็นที่นิยมมาก การแจกแจงหนึ่ง และเป็นการแจกแจงที่มี Component ที่มากกว่า 1 ซึ่งรูปแบบ Bayesian Acceptance Sampling ที่สามารถประยุกต์ใช้เหมือนเหตุผลที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 2.4.2 และ 2.4.4 Mixed Polya Distribution นิยามได้เป็น

$$f_L(X) = \sum_{i=1}^{m} w_i \binom{L}{X} \frac{\Gamma(s_i + X)\ \Gamma(t_i + L - X)\ \Gamma(s_i + t_i)}{\Gamma(s_i)\ \cdot\ \Gamma(t_i)\ \Gamma(s_i + t_i + L)} \quad \ldots(54)$$

โดยที่ $X = 0,1,2,\ldots, L$

$s_i, t_i > 0$, $i = 1,2,\ldots, m$ และ $\sum_{i=1}^{m} w_i = 1$

ซึ่งมีการแจกแจงล่วนริมเป็นดังนี้

$$g_n(x) = \sum_{i=1}^{n} w_i \binom{n}{x} \frac{\Gamma(s_i+x)\ \Gamma(t_i+n-x)\ \Gamma(s_i+t_i)}{\Gamma(s_i)\ \Gamma(t_i)\ \Gamma(s_i+t_i+n)} \quad \ldots\ldots(55)$$

โดยที่ $x = 0,1,2,\ldots, n$

จากสมการที่(55) จะเห็นว่า Mixed Polya เป็น Reproducible to Hypergeometric Sampling ด้วย และ Posterior Distribution ของรุ่นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับคือ

$$h_{L-n}(X-x|x) = \sum_{i=1}^{n} w_i \binom{L-n}{X-x} \frac{\Gamma(s_i+X)\ \Gamma(t_i+L-X)\ \Gamma(s_i+t_i+n)}{\Gamma(s_i+x)\ \Gamma(t_i+n-x)\ \Gamma(s_i+t_i+L)} \quad \ldots.(56)$$

2.4.6 Hypergeometric

Hypergeometric Distribution เป็นการแจกแจงที่เป็นตามความจริงในทางปฏิบัติ กล่าวคือ ในการหยิบผลิตภัณฑ์มาตรวจล่อบคุณภาพ มักสุ่มมาโดยไม่ใส่คืน และจะทราบจำนวนชิ้นที่แท้จริง แต่ไม่เหมาะสมจะเป็น Prior Distribution ก็ด้วยเหตุผลทางทฤษฎีของ Alexander Mood และเราจะพิจารณากรณีมีผลิตภัณฑ์อยู่จำนวน M ชิ้น ที่มีผลิตภัณฑ์ชำรุด A ชิ้น ขนาดรุ่นผลิตภัณฑ์ L รูปแบบการเลือกนั้นจะกระทำโดยสุ่มจากผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเหมือน ๆ กันโดยทั่วไป และ Hypergeometric Distribution จะมีคุณสมบัติที่น่าสนใจ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสหสัมพันธ์กับ Sampling Plan Operation

การแจกแจงนี้มีนิยามดังนี้

$$f_L(X) = \frac{\binom{L}{X}\binom{M-L}{A-X}}{\binom{M}{A}} \quad ; \quad X = 0,1,\ldots, L \quad \ldots(57)$$

สำหรับการแจกแจงนี้มีค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวนและค่าความแปรปรวนร่วมดังนี้

$$\bar{f} = \frac{A}{M} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(58)$$

$$\sigma_X^2 = \frac{LA}{M} \cdot \frac{M-A}{M} \cdot \frac{M-L}{M-1} \qquad \text{.....(59)}$$

จากสมการที่(17) เราได้

$$\sigma_{x\,(X-x)} = \frac{n(L-n)}{L(L-1)} \left[\frac{LA}{M} \cdot \frac{M-A}{M} \cdot \frac{M-L}{M-1} - \frac{LA}{M} \cdot \frac{M-A}{M} \right] \text{....(60)}$$

เราสามารถลดรูปได้เป็น

$$\sigma_{x(X-x)} = \frac{n(L-n)}{L-1} \quad \frac{A}{M} \quad \frac{M-A}{M} \left[\frac{M-L}{M-1} - 1 \right] < 0 \text{ .....(61)}$$

จะเห็นว่า เทอมความแปรปรวนร่วมเป็นลบ สำหรับ $M \geq L > n \geq 1$ นั่นคือ มีสหสัมพันธ์เป็นลบระหว่าง จำนวนผลิตภัณฑ์ชำรุดในตัวอย่างและจำนวนผลิตภัณฑ์ที่เหลือในรุ่นผลิตภัณฑ์ แสดงว่า ถ้าจำนวนผลิตภัณฑ์ชำรุดจากรุ่นใด ๆ ข่าวสารที่ได้จะเป็นไปในลักษณะตรงกันข้ามกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ส่วนที่ไม่ได้ถูกสุ่มมาเป็นตัวอย่างรุ่นผลิตภัณฑ์ สำหรับ Prior Distribution ที่เป็น Hypergeometric

ในส่วนคุณสมบัติ Reproducible to Hypergeometric Sampling การแจกแจงนี้คือ

$$g_n(x) = \frac{\binom{n}{x}\binom{M-n}{A-x}}{\binom{M}{A}} \qquad \text{.....(62)}$$

$x = 0,1,2,\ldots, n$

$$h_{L-n}(X-x \mid x) = \frac{\binom{M-L}{A-X}\binom{L-n}{X-x}}{\binom{M-n}{A-x}} \qquad \text{.....(63)}$$

โดยที่ $X-x = 0,1,2,\ldots L-n$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากสมการที่ (52)และ (63) นั้น Posterior Distribution ของรุ่นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับ นั้นหาค่าได้จากสมการที่ (24)

จากหัวข้อย่อยต่าง ๆ ในเรื่องเกี่ยวกับ Prior Distribution ทั้ง 6 อย่าง ผู้วิจัยได้เสนอเหตุผลในการเลือกใช้ Prior Distribution ต่าง ๆ โดยคำนึงถึงความเหมาะสมความสอดคล้องกับสภาพการผลิตจริง ฉะนั้น แผนการสุ่มตัวอย่าง (Sampling Plan) ใด ๆ ในแนวคิดเบย์เซียนในทัศนะ Economically-Based นั้น จะต้องทราบการแจกแจงของผลิตภัณฑ์ย้ำรุดจากรุ่นต่อรุ่นให้แน่ชัดเสียก่อน และในงานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงของผลิตภัณฑ์ย้ำรุด ใน 3 การแจกแจงที่เหมาะสมคือ Mixed Binomial, Polya และ Mixed Polya Prior Distribution

อนึ่งก่อนจะนำไปสู่การประมาณค่าพารามิเตอร์ดังกล่าว จะเสนอแนวประยุกต์เกี่ยวกับการนำข้อมูลจริงในวงการอุตสาหกรรมมาใช้กับแนวทางทฤษฎีให้เหมาะสม และเพื่อความเข้าใจในลักษณะการผลิตทางอุตสาหกรรมนั้นได้นำเอาขบวนการผลิตและการควบคุมคุณภาพที่ปฏิบัติกับในวงการอุตสาหกรรมสับประรดกระป๋อง ในหัวข้อต่อไปนี้

2.5 ขั้นตอนระบบการผลิตและระบบการควบคุมคุณภาพของโรงงานอุตสาหกรรมสับประรดกระป๋อง

2.5.1 บทนิยาม

บทนิยามในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมดังนี้

2.5.1.1 กระป๋อง หมายถึง ภาชนะที่ทำด้วยแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกรูปทรงกระบอก มีฝาปิดหัวท้าย ซึ่งอาจจะเคลือบด้วยแลกเกอร์หรือไม่ก็ได้ โดยทั่วไปโรงงานอุตสาหกรรมสับประรดกระป๋องจะใช้อยู่ 3 ขนาด

ก. ขนาด A10 รหัส 603 x 700 ซึ่งตัวเลข 603 หมายถึงขนาดของความยาวเส้นผ่าศูนย์กลาง ส่วนตัวเลข 700 เป็นความสูงของกระป๋องมีหน่วยวัดเป็นนิ้วทั้งหมด ดังนั้น A10 จะเป็นกระป๋องขนาด $6\frac{3}{16}$ นิ้ว x 7 นิ้ว

ข. ขนาด A $2\frac{1}{2}$ รหัส 401x 411 จะเป็นกระป๋องขนาด $4\frac{1}{16}$ นิ้ว x $4\frac{11}{16}$ นิ้ว

ค. ขนาด A2 รหัส 307 x 409 จะเป็นขนาดกระป๋อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$3\frac{7}{16} \times 4\frac{9}{16}$ นิ้ว

ส่วนสารแลกเกอร์ที่ใช้เคลือบกระป๋อง ระหว่างฝาปิดกับตัวกระป๋องนั้น เรียกว่า Water Base Compound เป็นสารที่ไม่เป็นอันตรายต่อการบริโภค

2.5.1.2 ความลูกกระป๋อง หมายถึง ปริมาณหรือน้ำหนัก น้ำกลั้นเติมกระป๋องที่อุณหภูมิ 20 องศา เซลเซียส

2.5.1.3 น้ำหนักเนื้อสับปะรด (Dreined Fruit Weight) หมายถึง น้ำหนักเนื้อสับปะรดในกระป๋องที่แยกเอาสารที่ใช้บรรจุออกตามกรรมวิธีที่ระบุในมาตรฐานนั้น

2.5.1.4 สับปะรด หมายถึง สับปะรดพันธุ์อะนานาส โคโมซัส (Annanas Comosus) หรือพันธุ์อื่นที่แก่จัด เหมาะสมสำหรับใช้ทำสับปะรดกระป๋อง โดยทำการปอกเปลือกและควักแกนออกแล้วบรรจุด้วยน้ำหรือของเหลวอื่นใด และหล่ออยู่ในสารที่ใช้บรรจุ

2.5.1.5 สับปะรดกระป๋อง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากสับปะรด ซึ่งหล่ออยู่ในสารที่ใช้บรรจุ อาจมีสาร เจือปน (Food Additive) และส่วนประกอบอื่น ๆ (Ingredients) ผสมอยู่ด้วยในปริมาณไม่มากนักรวมบรรจุอยู่ในกระป๋อง ต้องผ่านกรรมวิธีใช้ความร้อนหรือทำลายหรือยับยั้งการขยายพันธุ์ของจุลินทรีย์

2.5.1.6 สารที่ใช้บรรจุ (Packing Media) หมายถึง น้ำ , น้ำสับปะรด และสารที่ให้ความหวาน ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างผสมกัน บรรจุอยู่ในกระป๋องสับปะรดกระป๋อง

2.5.2 วัตถุดิบสับปะรด

พันธุ์สับปะรดที่ปลูกกันแพร่หลายในประเทศไทยในขณะนี้ มีอยู่ 3 พันธุ์ด้วยกันคือ

ก. พันธุ์พื้นเมือง เช่น พันธุ์อินทรชิต สับปะรดแดง สับปะรดเหลือง ใบแข็งและมีหนามทุกพันธุ์แต่จะมีสีใบต่างกัน น้ำหนักของผลประมาณ 1 - 1.5 กิโลกรัม รูปร่างกลมป้อม หรือกลมยาว เนื้อสีเหลืองทอง หรือเหลืองจัด ฉ่ำดี ไส้กลางแข็งเหนียว มีหน่อตะเกียงและลูกตะเกียงมาก เป็นพันธุ์ที่ทนทาน

ข. พันธุ์ลิงคโปร์ ลักษณะใบแข็งหนามคม ผลเล็กกว่าพันธุ์พื้นเมือง น้ำหนักต่อผลประมาณ 1 กิโลกรัม ตาลึก เนื้อฟ่าม รสหวานอมเปรี้ยว เนื้อสีเหลืองจางซีด กรอบ ไส้อ่อนทานได้ มีหน่อมาก ไม่ค่อยมีหน่อตะเกียงและลูกตะเกียง

ค. พันธุ์กัลกัตตา หรือปัตตาเวีย (Smooth Cayene) ใบสีเขียวจัดไม่มีหนาม หรือมีหนามเล็กน้อยที่ปลายใบ ผลใหญ่ น้ำหนักประมาณ 2 - 6 กิโลกรัม เมื่อแก่จัดผลจะมีสีเหลืองอมแดง หรือมีสีเขียวคล้ำ ตาผลตื้น เนื้อสีเหลืองอ่อน หวานฉ่ำ มีน้ำมาก ไส้กลางไม่เหนียว เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกสำหรับป้อนโรงงานสับปะรดกระป๋อง

2.5.2.1 ลักษณะอากาศ สับปะรดเป็นพืชที่ชอบอากาศค่อนข้างร้อน อยู่ระหว่าง 60 - 90 องศาฟาเรนไฮท์ และมีความชุ่มชื้นในอากาศสูง มีฝนตกต่อปี 760 -2,500 มิลลิเมตร หรือ 30 - 100 นิ้ว แต่ในระยะเวลาที่สับปะรดแก่จัดถ้ามีฝนตกชุกอาจทำให้ผลเน่าเสียได้

2.5.2.2 สภาพดิน ในประเทศไทย สับปะรดอาจปลูกขึ้นได้ในทุกแห่ง แม้ในดินที่ไม่ค่อยดีนัก แต่ต้นสับปะรดต้องการความชื้นในอากาศสูง จึงเจริญเติบโตได้ดี ส่วนดินต้องเป็นดินร่วนซุย หรือดินปนทราย มีสภาพความเป็นกรดระหว่าง 4.5 - 5.4 จังหวัดที่มีการปลูกสับปะรดกันมากคือ ประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี ชลบุรี ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรีและลำปาง เป็นต้น

2.5.2.3 ฤดูกาลปลูกและการเก็บเกี่ยวผล การปลูกจะปลูกในต้นฤดูฝนประมาณเดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม เพื่อให้ต้นสับปะรดในระยะแรกได้รับน้ำฝนเต็มที่ตลอดฤดูกาล ต้นสับปะรดที่สมบูรณ์ดีจะเริ่มออกดอกเมื่ออายุได้ 14 เดือน นับจากวันปลูก ผลสับปะรดจะแก่เก็บได้เมื่อต้นสับปะรดมีอายุประมาณ 16 - 18 เดือน รวมระยะเวลานับจากวันออกดอกถึงวันที่เก็บผลประมาณ 4 - 5 เดือน การเก็บผลควรเก็บในระยะที่สับปะรดเริ่มจะสุกโดยสังเกตที่ตาใกล้ก้านของผลทั้ง 3 แถว ถ้าเห็นว่าตายยายเปิกกว้างออกขอบตาบนผิวบริเวณตาทั้ง 3 แถวนั้นเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้ม หรือเขียวอมเหลือง ใบของจุกที่อยู่บนผลกางแผ่ขยายออกก็แสดงว่าผลสับปะรดแก่จัดได้แล้ว ลักษณะของผลที่เป็นที่ต้องการของโรงงานสับปะรดกระป๋องจะพิจารณา 3 ประเด็นด้วยกัน กล่าวคือ

ก. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของผล จะมีอยู่ 5 ขนาด คือ

1. 1 TALL ขนาด 98 - 116 มิลลิเมตร
2. 2 TALL ขนาด 113 - 125 มิลลิเมตร
3. 3 TALL ขนาด 118 - 137 มิลลิเมตร
4. $2\frac{1}{2}$ TALL ขนาด 134 - 150 มิลลิเมตร
5. Large ขนาด 150 มิลลิเมตรขึ้นไป

และลักษณะผลไม่ควรจะเล็กหรือใหญ่เกินไป ควรจะเป็นรูปทรงกระบอก

ข. พิจารณา Shell Color กล่าวคือ

Shell ที่ 1 สีของเปลือกมีสีเหลือง 0 - 20%

Shell ที่ 2 สีของเปลือกมีสีเหลือง 21 - 40%

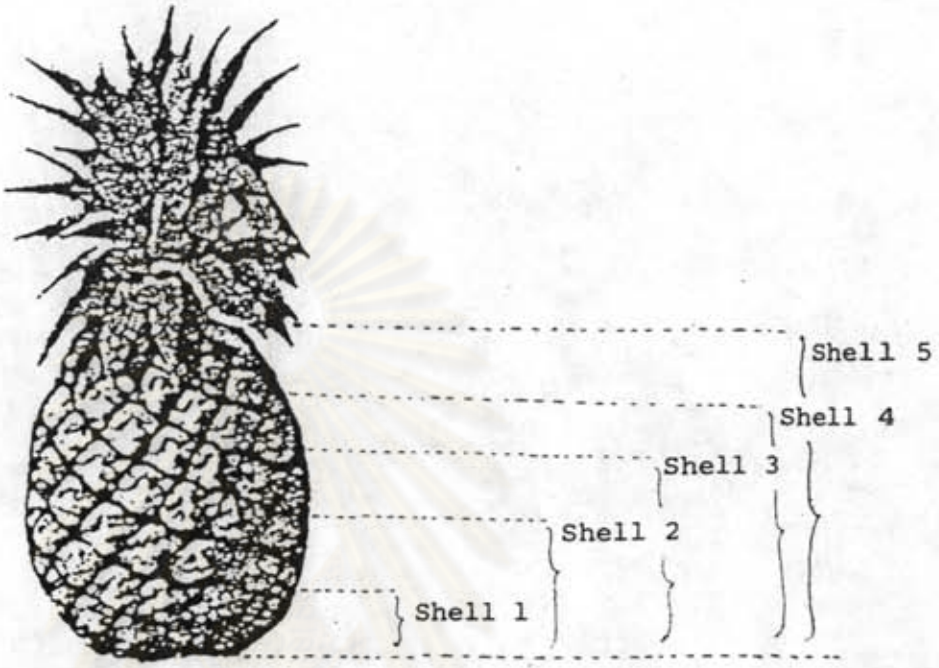
Shell ที่ 3 สีของเปลือกมีสีเหลือง 41 - 60%

Shell ที่ 4 สีของเปลือกมีสีเหลือง 61 - 80%

Shell ที่ 5 สีของเปลือกมีสีเหลือง 81 - 100%

Shell Color นั้น เป็นการแบ่งสีในการพิจารณาผลสับปะรด ทางโรงงานสับปะรดกระป๋อง ส่วนมากต้องการผลสับปะรดที่ผล Shell Color มากกว่า 20% และไม่ควรเกิน 60%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.1 Shell Color ของผลสับปะรด

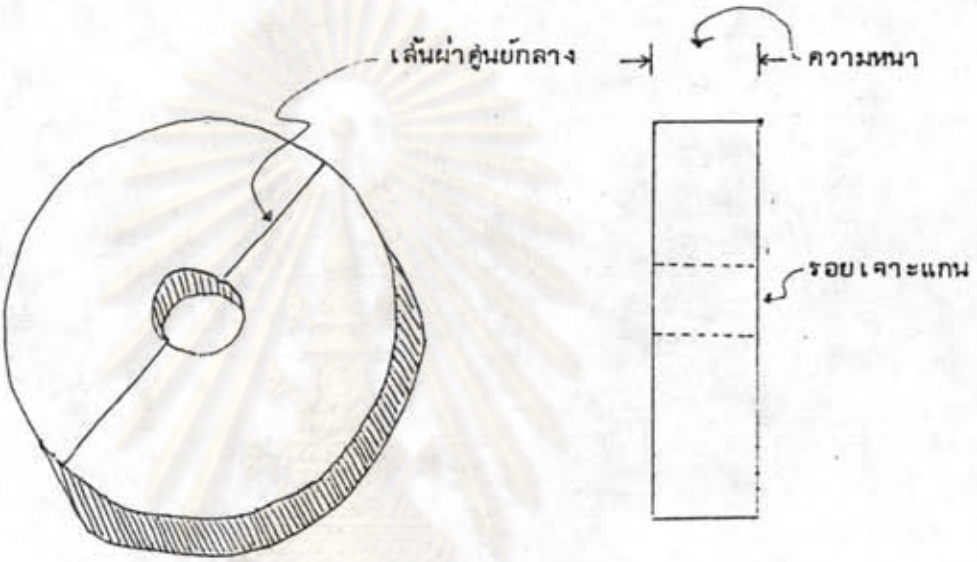
ค. พิจารณาความลุ่กของผลสับปะรด ซึ่งมีถึง 8 ขนาด คือ

1. อ่อน 2. ดิบ 3. ลุ่ก No 1 4. ลุ่ก No 2 5. ลุ่ก No 3
6. ลุ่ก No 4 7. ลุ่ก No 5 8. ลุ่กเกิน

โดยทั่วไป โรงงานสับปะรดกระป๋องต้องการความลุ่กขนาด No. 1 - No. 4 แต่ในข้อเท็จจริงขนาดของความลุ่กที่ต้องการอาจเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลได้ เพราะว่า การลุ่กของสับปะรดขึ้นอยู่กับอุณหภูมิด้วย กล่าวคือ ฤดูหนาวเนื้อสับปะรดจะลุ่กช้ากว่าฤดูร้อน ฉะนั้นในฤดูร้อนทางโรงงานสับปะรดจะรับซื้อผลสับปะรดความลุ่ก No 1 - 3 ส่วนในฤดูหนาวทางโรงงานจะรับซื้อผลสับปะรดความลุ่ก No 4 - 6

2.5.3 ชนิดของผลิตภัณฑ์สับประรดกระป๋อง ในที่นี้จะกล่าวถึงชนิดผลิตภัณฑ์ที่ทางโรงงานอุตสาหกรรมสับประรดกระป๋อง สามารถผลิตได้ตามความต้องการของบริษัทคู่ค้าดังนี้

1. สับประรดเต็มแว่น หรือวงแหวน (Slices or Rings) คือ สับประรดที่ตัดตามแนวตั้งฉากกับแกนเป็นแว่นวงแหวนจากสับประรดทั้งผลดังรูป



รูปที่ 2.2 รูปผลิตภัณฑ์สับประรดชนิดเต็มแว่น

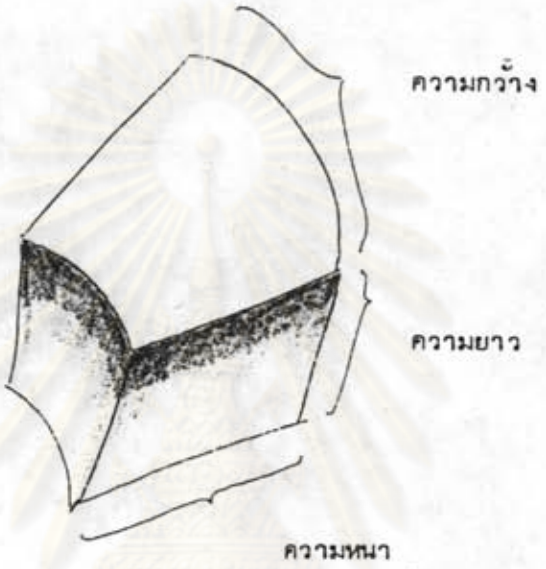
แบ่งได้เป็น 3 ขนาดคือ

1.1 Slices ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 95 มิลลิเมตร หนา 12.7 มิลลิเมตร เรียกว่า "Slices ขนาด $2\frac{1}{2}$ T"

1.2 Slices ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 มิลลิเมตร หนา 12.7 มิลลิเมตร เรียกว่า "Slices ขนาด 2T"

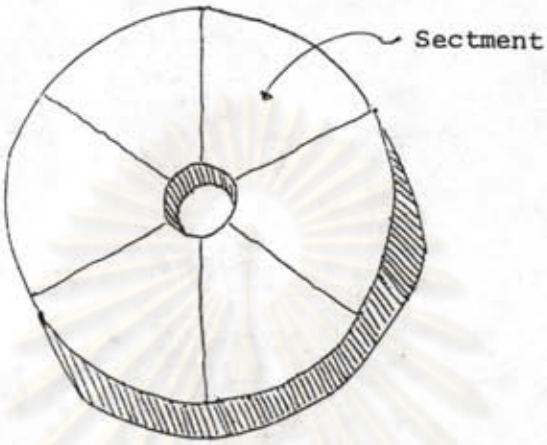
1.3 Slices ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 70 มิลลิเมตร หนา 10.3 - 10.6 มิลลิเมตร เรียกว่า "Slices ขนาด 1T"

2. <u>สับปะรดชิ้นใหญ่</u> (Chunk) คือ สับปะรดชิ้นสั้นหนาที่ตัดจากสับปะรดเต็มแว่น (Slices) ที่หนาและกว้างของชิ้นมากกว่า 14 มิลลิเมตร ยาวน้อยกว่า 38.1 มิลลิเมตร ยาวน้อยกว่า 38.1 มิลลิเมตร หนามากกว่า 12.7 มิลลิเมตร ดังรูป



รูปที่ 2.3 รูปผลิตภัณฑ์สับปะรดชนิดชิ้นใหญ่

3. <u>สับปะรดลิ่ม</u> (Tidbits) คือ สับปะรดที่ตัดเป็นเสี้ยวจากสับปะรดแว่น รูปร่างคล้ายลิ่มมีสัดส่วนส่ำเสมอ ความหนาจะน้อยกว่าสับปะรดชิ้นใหญ่ (Chunks) กล่าวคือ จะมีความหนาในช่วง 7.94 mm - 12.7 mm และแต่ละ Sectment ของ Tidbits จะไม่ใหญ่กว่า $\frac{1}{6}$ ของ Slices ดังรูป



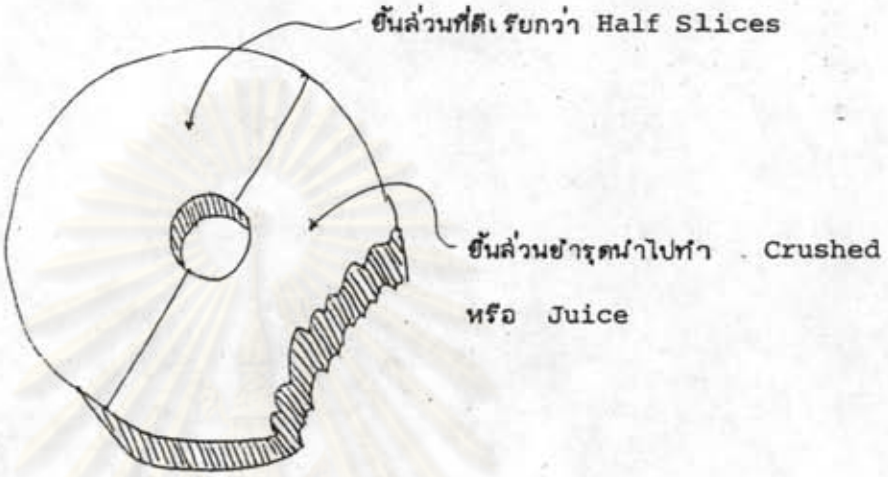
รูปที่ 2.4 รูปผลิตภัณฑ์สับปะรดชนิดลิ่ม

4. สับปะรดชิ้นคละ (Pieces) คือสับปะรดที่มีขนาดชิ้นไม่สม่ำเสมอ ไม่จัดรวมอยู่ในชนิดใดชนิดหนึ่งข้างต้น ส่วนมากจะผลิตแบบ 8 หรือ 16 Sectments ต่อ 1 Slices

5. สับปะรดชิ้นย่อย (Crushed or Crisp Cut) คือ สับปะรดที่ทำจากการใช้เครื่องตีป่นกับส่วนต่าง ๆ ของเนื้อสับปะรด สับปะรดชนิดนี้อาจนับรวมเข้าอยู่ในสับปะรดชนิดคละ หรือชนิดอื่น ๆ ดังข้างต้นที่เหลือจากการทำผลิตภัณฑ์นั้นนำมารวมกันตีป่นเป็นสับปะรดชิ้นย่อย

ทั้ง 5 ชนิดผลิตภัณฑ์เป็นผลิตภัณฑ์ที่โรงงานอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋องทั่ว ๆ ไปทำการผลิตในปัจจุบัน และเป็นที่นิยมในกลุ่มผู้บริโภคในยุโรปตะวันตกและอเมริกา แต่ผลิตภัณฑ์อีกชนิดที่ทางโรงงานต่าง ๆ สามารถทำการผลิตได้ แต่ผลิตได้น้อยมาก รวมทั้งใบสั่งจากลูกค้ามีสั่งซื้อน้อยมากด้วย บางโรงงานไม่ทำการผลิตเลย ซึ่งในงานวิจัยนี้จะไปกล่าวในรายละเอียดต่อไป ผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 ชนิดมีดังนี้

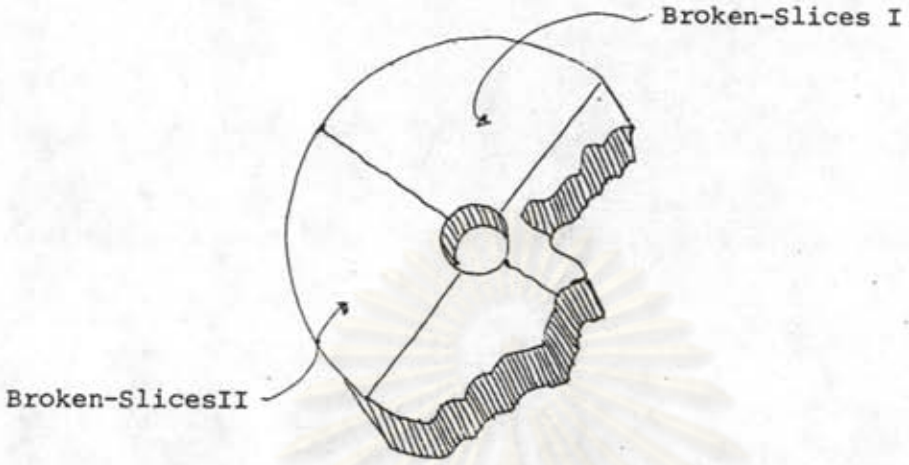
1. <u>สับปะรดครึ่งแว่น</u> (Half Slices) คือ สับปะรดที่ตัดจากสับปะรดเต็มแว่น หรือวงแหวนออกเป็นครึ่งวงแหวน ดังรูป



รูปที่ 2.5 รูปผลิตภัณฑ์สับปะรดชนิดครึ่งแว่น

2. <u>สับปะรดเสี้ยวแว่น</u> (Quarter Slices) คือ สับปะรดที่ตัดจากสับปะรดเต็มแว่นหรือวงแหวนออกเป็น สี่เสี้ยวเท่า ๆ กัน

3. <u>สับปะรดแว่นหัก</u> (Broken Slices) คือ สับปะรดเต็มแว่นหรือวงแหวนที่หักเป็นชิ้นใหญ่ ชิ้นที่หักอาจมีขนาดและสัดส่วนไม่สม่ำเสมอกัน ส่วนมากจะแบ่งออกเป็น 4 เสี้ยวของ Slices แล้วมีชิ้นส่วนดีอย่างน้อย 1 เสี้ยว ดังรูป



รูปที่ 2.6 รูปผลิตภัณฑ์ลับปะรดชนิดแว่นหัก

4. ลับปะรดยื้นยาว (Spears or Fingers) คือ ลับปะรดที่ตัดเป็นเสี้ยวตามแนวยาวของลับปะรดทั้งผล แต่ละยื้นยาวมากกว่า 65 มิลลิเมตรยื้นไป

5. ลับปะรดลูกเต๋า (Diced or Cubed) คือ ลับปะรดที่มีลักษณะคล้ายลูกบาศก์ ของด้านที่ยาวมากที่สุด ต้องได้มากกว่า 14.29 มิลลิเมตร

6. ลับปะรดยื้นเศษ (Chips) คือ ลับปะรดที่ยาวทำยื้นจากเศษเนื้อลับปะรดที่เหลือจากการทำลับปะรดลูกเต๋า ลับปะรดชนิดนี้อาจนับรวมเข้าอยู่ในลับปะรดยื้นย่อย (Crushed) ได้

2.5.4 สัญญลักษณ์และรูปแบบรหัสต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ในการผลิตลับปะรดกระป๋องนั้น ดังที่กล่าวมาแล้ว จะเห็นได้ว่าชนิดของผลิตภัณฑ์ลับปะรดกระป๋องมีมากมายหลายชนิดอีกทั้งยังจำแนกตามขนาดของกระป๋องทั้ง 3 ขนาดอีกด้วย ในการตีรหัส (Code) ของแต่ละโรงงานอุตสาหกรรมลับปะรดกระป๋องบนฝาด้านบนนั้นจะแตกต่างกันออกไปในที่นี้จะใช้รหัสต่อไปนี้เพื่อสะดวกในการอ้างถึงต่อไป มี 3 หมวด กล่าวคือ

หมวดที่ 1 : ชนิดของผลิตภัณฑ์ (จะใช้ 5 ชนิด)

1. สับปะรดเต็มแว่น (Slices) ใช้รหัส N
2. สับปะรดชิ้นใหญ่ (Chunk) ใช้รหัส K
3. สับปะรดสั้น (Tidbits) ใช้รหัส II
4. สับปะรดชิ้นคละ (Pieces) ใช้รหัส V
5. สับปะรดชิ้นย่อย (Crushed) ใช้รหัส U

หมวดที่ 2 : มาตรฐานด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ตามมาตรฐานของกำหนดไว้มี 4 เกรด คือ

1. U.S. Grade A หรือ U.S. Fancy
2. U.S. Grade B หรือ U.S. Choice
3. U.S. Grade C หรือ U.S. Standard
4. Substandard

บริษัทโรงงานต่าง ๆ ในประเทศไทยส่วนใหญ่จะผลิต 2 เกรด คือ เกรด Choice และเกรด Standard ซึ่งการแบ่งเกรดนั้นได้ยึดถือตามปัจจัยต่อไปนี้คือ

1. สี (Color)
2. ความสม่ำเสมอในรูปร่างและขนาด (Unifrom Inshape and Size)
3. รสและกลิ่น (Favor and Ador)
4. ปราศจากตำหนิ (Freedom from Defect)
5. ลักษณะดี (Good Characteristic)

ในการลงรหัสบนฝากระป๋อง ผลิตภัณฑ์นั้นจะมีแค่ 1 รหัสคือ D หมายถึง U.S. Grade C หรือ U.S. Standard ส่วนเกรด U.S. Choice B จะไม่มีการลงรหัส

หมวดที่ 3 : สารที่ใช้บรรจุ (Packing Media) ในการผลิตส่วนมากจะมีสาร 2 ชนิดที่ใช้บรรจุ คือ น้ำเชื่อม (Syrup) และน้ำสับปะรด (Juice) คือ น้ำสับปะรดธรรมชาติหรือที่ได้ทำให้ใสแล้ว ซึ่งมีค่าหน่วยความข้นเป็น องศาดีกรีบริกซ์ (Brix) สามารถวัดได้โดยเครื่องมือรีแฟรกโตรมิเตอร์ (Refractometer) จะมี 3 ระดับของความข้นคือ

1. Light - Syrup มีหน่วยอยู่ระหว่าง 14° - 18° Brix
2. Heavy - Syrup มีหน่วยอยู่ระหว่าง 18° - 22° Brix
3. Extra - Heavy Syrup มีหน่วยอยู่ระหว่าง 22° - 35° Brix

ส่วนมากโรงงานอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋องที่จะศึกษานี้จะผลิตแค่ 2 ระดับ ความหวาน คือ Light - Syrup กับ Heavy - Syrup

ดังนั้นรหัสสัญญลักษณ์ของหมวดนี้ มีดังนี้

1. Light - Syrup ใช้รหัส A
2. Heavy - Syrup ใช้รหัส B
3. Natural - Juice ใช้รหัส C

ตัวอย่างการลงของรหัสบนฝากระป๋องสับปะรดกระป๋อง เช่น

NC หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่เป็น Slices ผลิตในเกรด B และเติมสาร Natural Juice

DKC หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่เป็น Chunk ในเกรด C และเติมสารเป็น Natural Juice

VA หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่เป็น Pieces ผลิตในเกรด B และเติมสาร Light - Syrup

จะสังเกตเห็นว่า ในการลงรหัสนั้นจะนำเอาเกรดขึ้นต้นแล้วตามด้วยชนิดผลิตภัณฑ์และต่อด้วยสารที่ใช้บรรจุ (Packing Media)

ส่วนอีกรหัสที่จำเป็นต้องลงไว้คือ รหัสวันเดือนปีที่ผลิต เช่น 6 S 17 หมายถึง ทำการผลิตเมื่อวันที่ 17 กรกฎาคม 2531 (ตัว S หมายถึง พ.ศ. 2531 หรือ ค.ศ. 1988) ซึ่งรหัสนี้จะมีประโยชน์ในการตรวจสอบคุณภาพ ดังจะกล่าวต่อไป

2.5.5 คุณลักษณะที่ต้องการ ในการผลิตลับปะรดกระป๋องนั้น ผู้ผลิตต้องตระหนักถึง คุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นสำคัญ เพื่อชื่อเสียงและการรักษาตลาดผู้บริโภคของตนเองให้ได้นานที่สุด ดังนั้นฝ่ายควบคุมคุณภาพ จึงต้องมีการตรวจสอบคุณภาพ ลับปะรดกระป๋อง เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีสม่ำเสมอ การควบคุมคุณภาพนั้นจะมีการตรวจสอบ 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ

1. การตรวจสอบคุณภาพ ระหว่างการผลิตที่ยังไม่เสร็จสิ้น
2. การตรวจสอบคุณภาพ หลังการผลิตผลิตภัณฑ์เรียบร้อยแล้ว

ในข้อแรกนั้นจะกล่าวในรายละเอียดเพิ่มเติมในตอนต่อไป เรื่องกระบวนการผลิต ซึ่งประโยชน์ที่ได้รับก็คือ สามารถนำข้อมูลระหว่างการผลิตนำมาแก้ไขการผลิตได้ทันท่วงทีขณะปฏิบัติงานการผลิตอยู่วันต่อวัน ส่วนข้อหลังจะเป็นการตรวจสอบผลต่าง ๆ มี 3 ประการ คือ

1. การสุ่มตัวอย่างเพื่อการตรวจสอบ คุณภาพและคุณลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ลับปะรดกระป๋อง แล้วนำผลไปวิเคราะห์ เพื่อที่จะตัดสินใจว่ายอมรับรุ่น (Lot) หรือไม่ต่อไป ซึ่งจุดการตรวจสอบนี้ จะเป็นจุดที่สำคัญที่สุดในระบบการควบคุมคุณภาพของการผลิตลับปะรดกระป๋อง จึงจะได้ศึกษาในรายละเอียดทางทฤษฎีและการปฏิบัติในเรื่องนี้ต่อไป

2. การสุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบทางกายภาพและทางเคมี เช่น ตรวจสอบดูปริมาณสารดีบุก ความข้น น้ำหนักเนื้อลับปะรด ความจุของกระป๋องและปริมาตรสุทธิของลับปะรดกระป๋อง เป็นต้น

3. การสุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบทางจุลินทรีย์ เช่น การทดสอบโดยการอบ (Incubation Test) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 7 วัน และตรวจวิเคราะห์ลุยลักษณะของอาหารโดยตรวจนับ จำนวนบักเตรีและวิเคราะห์จุลินทรีย์พาโตเจนิก ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีวิเคราะห์อาหาร

การตรวจสอบทั้งหมดที่กล่าวมานี้ ทางโรงงานอุตสาหกรรมลับปะรดกระป๋องจะมีฝ่ายควบคุมคุณภาพ เป็นผู้รับผิดชอบ และเป็นฝ่ายที่มีอำนาจในการบริหารการผลิตสูง อีกทั้งต้องประสานงานกับฝ่ายต่าง ๆ ตั้งแต่ ฝ่ายรับซื้อวัตถุดิบไปจนถึงฝ่ายบัดฉลากและบรรจุ หน้าที่ของเจ้าหน้าที่ฝ่ายควบคุมคุณภาพจะต้องดูแลการผลิตเพื่อให้ได้มาตรฐานการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ดี เป็นไปตามความต้องการและเป็นฝ่ายที่จะรับรองผลการตรวจสอบลับปะรดกระป๋องก่อนถึงมือผู้บริโภค ซึ่งจะเห็นว่าเป็นฝ่ายที่รับผิดชอบสูงมาก ในการผลิตลับปะรดกระป๋องนั้น

เป็นอุตสาหกรรมค่อนข้างใหญ่มีการผลิตผลิตภัณฑ์จำนวนมาก หรือเรียกว่าเป็นการผลิตแบบ Mass production ซึ่งผลผลิตจะดีและสมบูรณ์ได้ขึ้นกับปัจจัยหลาย ๆ อย่าง เช่น วัตถุดิบดี เครื่องจักรดีสม่ำเสมอ แรงงานมีความชำนาญดี รวมไปถึงมีการตรวจสอบดีด้วย ฉะนั้นเจ้าหน้าที่ควบคุมคุณภาพจะต้องทำงานหนักมากในอุตสาหกรรมประเภทนี้ จะต้องอดทน มีไหวพริบดี มีประสบการณ์ที่ดี พอที่จะตัดสินใจในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ดี ซึ่งมาจากการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ของฝ่ายควบคุมคุณภาพ

รายละเอียดต่าง ๆ ในการกำหนดคุณลักษณะของลับปะรดกระป๋องแยกตามชนิดของผลิตภัณฑ์ชนิดกระป๋องนั้นในแต่ละบริษัท การผลิตจะแตกต่างกันในรายละเอียดย่อยมากมาย และในที่นี้จะกล่าวถึงรายละเอียดในคุณลักษณะที่ต้องใช้ในการควบคุมคุณภาพมีดังนี้

1. <u>รสและกลิ่น</u> (Favor and Odor) ลับปะรดกระป๋องต้องไม่มีกลิ่นน่ารังเกียจอันใดปนอยู่ นอกจากกลิ่นรสเฉพาะตามธรรมชาติของลับปะรดกระป๋องและส่วนประกอบที่ใช้

2. <u>สี</u> (Color) ลับปะรดกระป๋อง ต้องมีสีสม่ำเสมอตามธรรมชาติของลับปะรดพันธุ์นั้น ๆ ไม่ว่าจะมีการเติมส่วนประกอบอื่นหรือไม่ก็ตาม ความสม่ำเสมอหรือความกลมกลืนของสีลับปะรดนั้น เราสามารถจัดแบ่งระดับสีต่าง ๆ เพื่อสะดวกและใช้ในการควบคุมคุณภาพดังตารางต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.3 ระดับสีต่าง ๆ ที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพ

เกรด	ลำดับ	ลักษณะของสี
ไม่มี	Pure White	ขาวบริสุทธิ์
ไม่มี	Touch Color	รู้สึกว่ามีสี
C	Cream White	สีครีม
C	Pale Yellow	สีเหลืองอ่อนซีดยาว
B	Light/Medium Yellow	สีเหลืองปานกลางค่อนไปทางอ่อน
B	Mediun Yellow	สีเหลืองปานกลาง
A	Good Yellow	สีเหลืองสุดล่วย
A	Almose Full Yellow	สีเหลืองเข้มเกือบเต็มที่
A	Full Yellow	สีเหลืองสุกสมบูรณ์
ไม่มี	Dark Yellow (Over Ripe)	สีเหลืองคล้ำ สีสุกเกิน

ตำหนิอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับสี นอกจากความสม่ำเสมอ ไม่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดในกระป๋อง แล้วยังมีเนื้อสีสับปะรดที่ถูกแดดเผา (Sunburn) จัดว่าเป็นสีที่มีคุณภาพต่ำ อนึ่ง การที่สามารถแบ่งเกรดคัดเลือกตรวจสอบคุณภาพของสับปะรดที่จะบรรจุลงกระป๋องนั้นต้องอาศัยประสบการณ์และความชำนาญจึงจะจำแนกออกได้ แต่ฝ่ายควบคุมคุณภาพจำเป็นต้องมีเครื่องมือวัดสีที่สกัดจากสับปะรดในรูปของ Carotene คือต้องมีหน่วยวัดสีได้ไม่น้อยกว่า 1.1 PPM (สำหรับสับปะรดที่ยังไม่ได้ผ่านความร้อน) ซึ่งจะมีลักษณะของสีตั้งแต่สีครีมขึ้นไป ส่วนสับปะรดที่ผ่านความร้อนแล้ววัด PPM ของ Carotene ได้ไม่น้อยกว่า 0.75 PPM จึงจัดว่าเหมาะสมในด้านคุณภาพ

3. เนื้อเยื่อ (Texture) ต้องเป็นสับปะรดเนื้อแน่น ไม่เป็นสับปะรดอ่อนงอม แกร็นหรือฟ่าม และเนื้อเยื่อที่ถือว่ามีคุณภาพต่ำคือ เนื้อส่วนที่อยู่ตอนบนใกล้ลูก (Top Slices Texture) เนื้อห่าม (Cocky Tissue) และเนื้อที่เป็นโพรงมาก (Porous Fruits)

4. ช้ำ (Crushed or Mashed) แว่นที่ถือว่าช้ำ คือแว่นสับปะรดที่เสียรูปร่างปกติของแว่น โดยการทำลายทาง Machanical หรือเกิดจากการผลิตในบางครั้งลูกค้าจะกำหนดคุณภาพ โดยละเอียด ซึ่งอาจแยกเป็นช้ำมาก (Mashed) ซึ่งจะต้องมีเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต้องน้อยกว่าช้ำน้อย (Crushed) ในสับปะรดกระป๋อง แต่โดยทั่วไปแล้วจะกำหนดเปอร์เซ็นต์การช้ำ ในคุณภาพของสับปะรดกระป๋องรวม ๆ กันไปแล้วแต่ชนิดของผลิตภัณฑ์

5. การตัดแต่งหรือจิกตามากเกินไป (Excessive Trimming and Gouges) แว่นที่ถือว่าตัดแต่งหรือจิกตามากเกินไป คือแว่นที่ถูกตัดแต่งหรือจิกตามให้เสียเนื้อไปมากกว่า 5% เมื่อเทียบกับแว่นปกติ (ในการผลิตจำเป็นต้องมีพนักงานยุคหนึ่งมีหน้าที่จิกตาที่หลุดรอดมาหลังจากการปอกเปลือกสับปะรดในฝ่ายผลิต)

6. ตำหนิน้อย (Slightly Blemished) ตำหนินั้นได้แก่ สีและเนื้อสับปะรดที่แตกต่างไปจากสีและเนื้อของสับปะรดที่ดี ตา (Deep Fruit Eyes) เปลือก จุดสีน้ำตาล รอยช้ำ และส่วนที่ผิดธรรมดาอื่น ๆ สิ่งที่กล่าวมานี้ ถ้าปรากฏบนผิวสับปะรด และวัดได้เกิน 1/16 นิ้วหรือ 1.5 มิลลิเมตร ถือว่าเป็นตำหนิน้อย

7. ตำหนิมาก (Seriously Blemished) ตำหนิมากคือ ลักษณะของตำหนิอย่างเดียวกับข้อ 6 แต่ลักษณะตำหนิดังกล่าว มีเนื้อที่มาก มีผลเสียต่อลักษณะปรากฏ พบเห็นอย่างมาก

8. แตก (Split) คือ แว่นที่เกิดการปริหรือหักออกจากกัน

9. แกน (Core) แกนสับปะรด นับว่าเป็นสิ่งที่ต้องมีการควบคุมในผลิตภัณฑ์ สับปะรดกระป๋องอย่างหนึ่ง ซึ่งแต่ละชนิดต่างก็มีเกณฑ์ในการควบคุมคุณภาพแตกต่างกันออกไป

10. รูเบี้ยว (Off Center Hole) กรณีเกิดรูเบี้ยวนี้ เป็นผลมาจากทางเครื่องจักร หรือจากตัวผลสับปะรดที่ไม่สมบูรณ์ก็ได้ ซึ่งก่อให้เกิดผล คือแกนมากกว่าปกติในแว่นสับปะรด ซึ่งจะส่งผลกระทบให้มีแกนมากกว่าปกติในหลาย ๆ ชนิด ของสับปะรดกระป๋องที่ผลิตขึ้นมา

11. สิ่งแปลกปลอม (Foreign - Material) คือ สิ่งที่ไม่ใช่อาหารหรือสิ่งที่ไม่ประสงค์จะบรรจุลงในกระป๋อง ถือว่าเป็นสิ่งแปลกปลอมทั้งหมด ลับประรดกระป๋องที่ตรวจสอบต้องไม่มีสิ่งแปลกปลอมใด ๆ อยู่เลย

คุณลักษณะทั้งหมดที่กล่าวมานี้ เป็นสิ่งที่ฝ่ายควบคุมคุณภาพจะต้องมีการตรวจสอบ โดยการสุ่มตัวอย่าง เพื่อยอมรับ Lot หรือปฏิเสธ Lot ต่อไป

กฎเกณฑ์การตัดสินด้านคุณลักษณะหรือคุณภาพ แต่ละชนิดของผลิตภัณฑ์ ลับประรดกระป๋องที่ทำการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมที่ศึกษาดังนี้

1. ลับประรดเต็มแว่นหรือวงแหวน (Slices or Rings)

1.1 รสและกลิ่น (Favor and Odor) ตามเกณฑ์คุณลักษณะที่กล่าวมาแล้ว

1.2 สี (Color) ตามเกณฑ์คุณลักษณะที่กล่าวมาแล้ว

1.3 เนื้อเยื่อ (Texture) ตามเกณฑ์คุณลักษณะที่กล่าวมาแล้ว

1.4 ช้ำ (Crushed or Mashed) สำหรับภาชนะที่บรรจุแว่นไม่เกิน 25 แว่น (ขนาดกระป๋องเบอร์ 2 และ $2\frac{1}{2}$) ยอมให้มีแว่นที่ช้ำได้ไม่เกิน 1 แว่น ส่วนภาชนะที่บรรจุแว่นมากกว่า 25 แว่น ยอมให้มีแว่นที่ช้ำได้ไม่เกิน 3 แว่น

1.5 การตัดแต่งหรือจิกตามากเกินไป (Excessive Trimming) แว่นที่มีการจิกตามากเกินไปมีได้ไม่เกิน 10% โดยการนับ

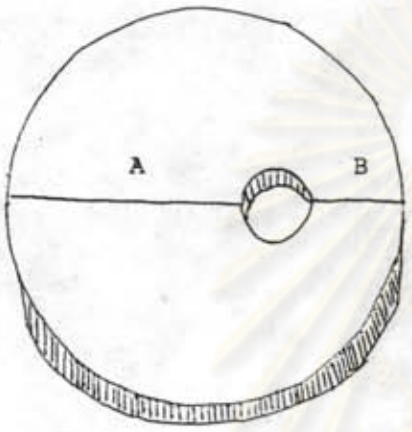
1.6 ตำหนิน้อย (Slightly Blemished) มีได้ไม่มากกว่า 12.5% สำหรับเกรด B และไม่มากกว่า 16% สำหรับเกรด C (โดยน้ำหนัก)

1.7 ตำหนิมาก (Seriously Blemished) มีได้ไม่มากกว่า 6% สำหรับเกรด Bและมีได้ไม่มากกว่า 8% สำหรับเกรด C (โดยน้ำหนัก)

1.8 แตก (Split) มีแว่นแตกได้ไม่มากกว่า 20% โดยการนับ

1.9 แกน (Core) มีไม่มากกว่า 7% สำหรับเกรด B และมีไม่มากกว่า 11% สำหรับเกรด C (โดยน้ำหนัก)

1.10. รูเบี้ยว (Off Center Core hole) แว่นที่ถือว่ามีรูเบี้ยว คือ แว่นที่มี Radial Axis ต่างกันเกินกว่า 1/8 นิ้วหรือ 3 มิลลิเมตร ยอมให้มีในกระป๋อง ได้ไม่เกิน 20% ของจำนวนแว่นในกระป๋อง



A - B ต้องไม่เกินกว่า 1/8 นิ้วหรือ 3 มิลลิเมตร

A = Maximum Radial Axis

B = Minimum Radial Axis

รูปที่ 2.7 ลักษณะรูเบี้ยวของแว่นสับปะรด

1.11 สิ่งแปลกปลอม (Foreign Material) ต้องไม่มีอยู่ในกระป๋อง

2. สับปะรดชิ้นใหญ่ (Chunk) ในเกณฑ์รสและกลิ่น สี เนื้อเยื่อ สิ่งแปลกปลอม เหมือนกันกับสับปะรดเต็มแว่น (Slices) ส่วนเกณฑ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องมีดังนี้

2.1 ช้ำ (Crushed and Mashed) สำหรับภาชนะบรรจุไม่ถึง 150 ชิ้นต่อกระป๋อง สำหรับภาชนะที่เกินกว่า 150 ชิ้นต่อกระป๋อง (กระป๋องเบอร์ 10) ให้มีได้ไม่เกิน 2% โดยการนับชิ้น (ปกติค่าเฉลี่ยของสับปะรดชิ้นใหญ่จะบรรจุในกระป๋องเบอร์ 10 ประมาณ 220 ชิ้นต่อกระป๋อง ส่วนกระป๋องเบอร์ 2บรรจุประมาณ 42 - 43 ชิ้น)

2.2 การตัดแต่งหรือฉีกตามากเกินไป (Excessive Trimming) ชิ้นที่ตัดแต่งหนีบตามากและชิ้นเล็กเกินไป มีได้ไม่เกิน 10% โดยการนับ

ชิ้นดังต่อไปนี้ถือว่าไม่ได้มาตรฐานประเภทนี้

2.2.1 น้ำหนักน้อยกว่า 7 กรัมต่อชิ้น (สับปะรดสด)

2.2.2 น้ำหนักน้อยกว่า 5.39 ต่อชิ้น (สับปะรดผ่านความร้อนแล้ว)

2.2.3 หนีบตาลึกกว่ากำหนดหรือเสียเนื้อที่ไปกว่า 25%

2.3 ตำหนิน้อย (Slightly Blemished) เหมือน Slices

2.4 ตำหนิมาก (Seriously Blemished) เหมือน Slices

2.5 แกน (Core) เหมือน Slices และชิ้นสับปะรดที่ถือว่ามีแกนเกินกว่ามาตรฐานหรือสับปะรดที่สามารถจัดได้ว่ามีแกนติดอยู่เกินกว่า 1/8 นิ้วหรือ 3 มิลลิเมตร

3. สับปะรดลิ่ม (Tidbits) ในเกณฑ์รสและกลิ่น สี เนื้อเยื่อ และสิ่งแปลกปลอม เหมือนกับสับปะรดเต็มแว่น ชิ้นที่ถือว่าไม่เป็นมาตรฐานคือ ชิ้นที่มีน้ำหนักน้อยกว่า 3/4 ของน้ำหนักเฉลี่ยต่อชิ้นปกติ และหรือหนีบตาลึกกว่ากำหนดหรือเสียเนื้อไปมากกว่า 1/4 ส่วนชิ้นต่าง ๆ เหล่านี้ที่ไม่ได้มาตรฐานไม่ควรเกิน 25% โดยน้ำหนักที่บรรจุในสับปะรดกระป๋องแบบลิ่ม ส่วนเกณฑ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องมีดังนี้

3.1 ช้ำ (Crushed or Mashed) ต้องไม่มากกว่า 10% สำหรับเกรด C โดยน้ำหนัก

3.2 ตำหนิน้อย (Slightly Blemished) ต้องไม่มากกว่า 12.5% สำหรับเกรด B และต้องไม่มากกว่า 10% สำหรับเกรด C โดยน้ำหนัก

3.3 ตำหนิมาก (Seriously Blemished) ต้องมากกว่า 6% สำหรับเกรด B และต้องไม่มากกว่า 8% สำหรับเกรด C โดยน้ำหนัก

3.4 แกน (Core) ต้องไม่มากกว่า 7% สำหรับเกรด B และต้องไม่มากกว่า 11% สำหรับเกรด C โดยน้ำหนัก

4. สับปะรดชิ้นคละ (Pieces) ในเกณฑ์รสและกลิ่น สี เนื้อเยื่อและสิ่งแปลกปลอม เหมือนกับสับปะรดเต็มแว่น เกณฑ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมดนั้นเหมือนกับเกณฑ์ของสับปะรดลิ่ม (Tidbits) ทุกประการ

5. สับปะรดชิ้นย่อย (Crushed) เป็นผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋องที่มีเกณฑ์พิจารณาน้อยที่สุด คือ จะพิจารณาสี สิ่งแปลกปลอม รสและกลิ่น เหมือนกันทุกผลิตภัณฑ์ที่กล่าวมาแล้ว ส่วนเกณฑ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องมีดังนี้

5.1 ตำหนิน้อย (Slightly Blemished) ต้องไม่มากกว่า 1.257% โดยน้ำหนัก

5.2 ตำหนิมาก (Seriously Blemished) ต้องไม่มากกว่า 0.5% โดยน้ำหนัก

5.3 แกน (Core) ต้องไม่เกิน 2.5% โดยน้ำหนัก

ผลิตภัณฑ์สับประรดชิ้นย่อยนี้ ทางโรงงานนี้ผลิตเฉพาะเกรด C เท่านั้น เนื่องจากมีข้อจำกัดหลาย ๆ อย่างที่เป็นอุปสรรคในการผลิตเกรด A และ B ซึ่งจะทำให้ต้นทุนการผลิตสูงเกินไป

นอกจากนี้การตรวจสอบทางเคมี จะต้องตรวจสอบสารเจือปน ซึ่งเป็นสารกันเกิดฟอง (Antifoaming Agent) ไดเมทิลโพลิซิโลเซน (Dimethylpolysiloxane) ต้องมีปริมาณสูงสุดที่ยอมให้มีได้คือ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และสารปนเปื้อน (Contaminate) คือ ตัวบุกไม่มากกว่า 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หรือไม่เกิน 0.02% โดยน้ำหนักต่อกระป๋อง สับประรดกระป๋องทุกกระป๋องที่ตรวจสอบ ต้องไม่มีจุลินทรีย์ พาโตเจนิก (Pathogenic Micro Organisms) หรือสารเป็นพิษอื่นใดอันเกิดจากจุลินทรีย์ และการผลิตต้องถูกต้องตามลุ่ยลักษณะให้เป็นไปตามมาตรฐานกำหนดลุ่ยลักษณะของผลไม้กระป๋องและผักกระป๋อง ที่กระทรวงอุตสาหกรรมประกาศไว้

2.5.6 <u>การชั่ง ตวง วัด</u> ในการบรรจุสับประรดกระป๋องนั้นจะต้องมีปริมาตรสุทธิสับประรดกระป๋อง ต้องไม่น้อยกว่า 90% ของความจุกระป๋อง ส่วนน้ำหนักเนื้อสับประรดในแต่ละกระป๋องต้องไม่น้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดในตารางต่อไปนี้

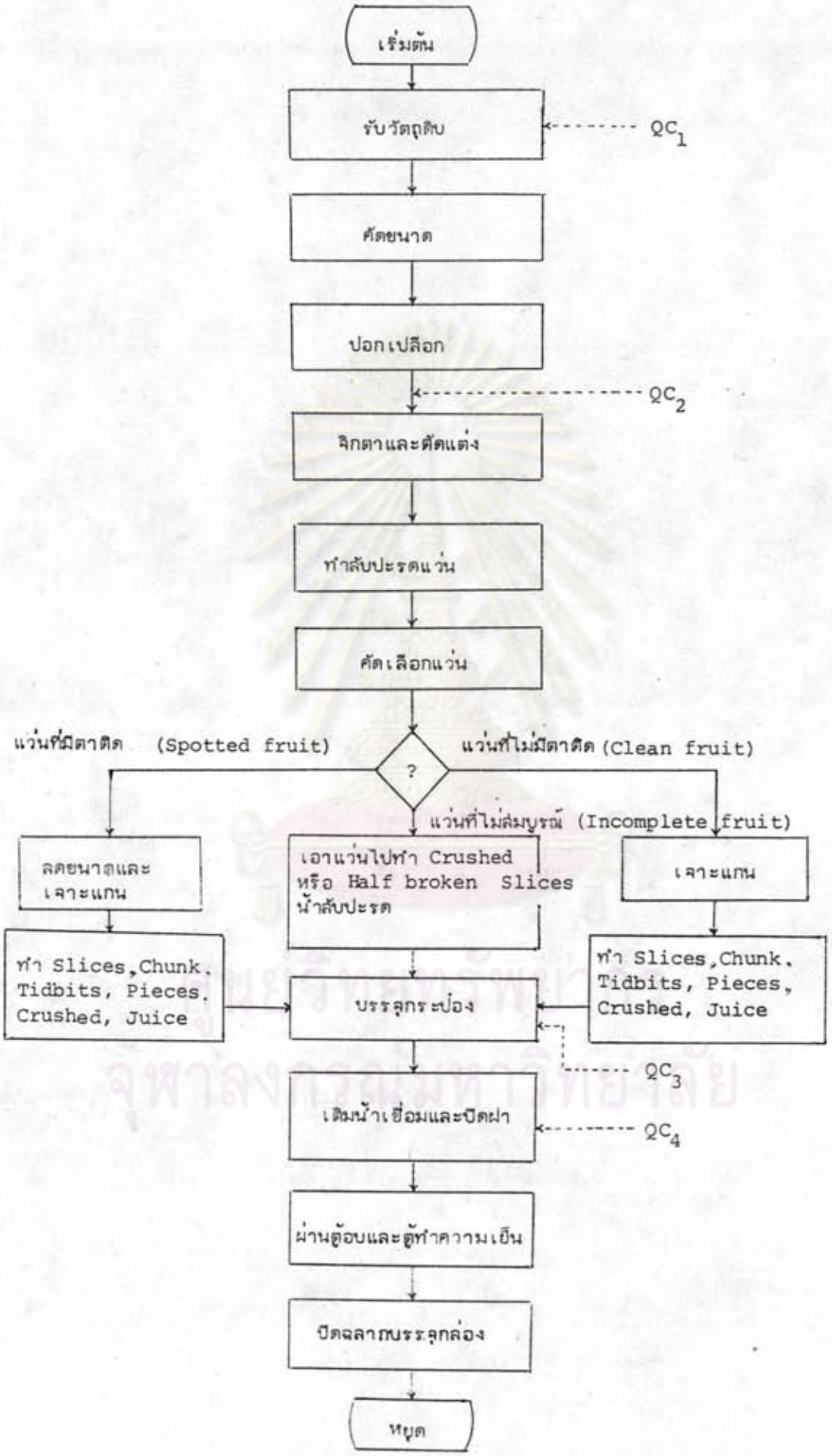
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.4 น้ำหนักเนื้อสับประรดที่บรรจุกระป๋องตามชนิดผลิตภัณฑ์

ชนิดและแบบของการบรรจุ	น้ำหนักเนื้อสับประรดร้อยละของความจุของกระป๋อง
1. ทุกชนิดนอกจากสับประรดชิ้นเล็ก	58
2. สับประรดชิ้นเล็ก และสับประรดชิ้นย่อย บรรจุแบบปกติ	63
3. สับประรดชิ้นเล็ก และสับประรดชิ้นย่อย บรรจุแบบแน่น	73
4. สับประรดชิ้นเล็ก และสับประรดชิ้นย่อย บรรจุแบบอัด	78

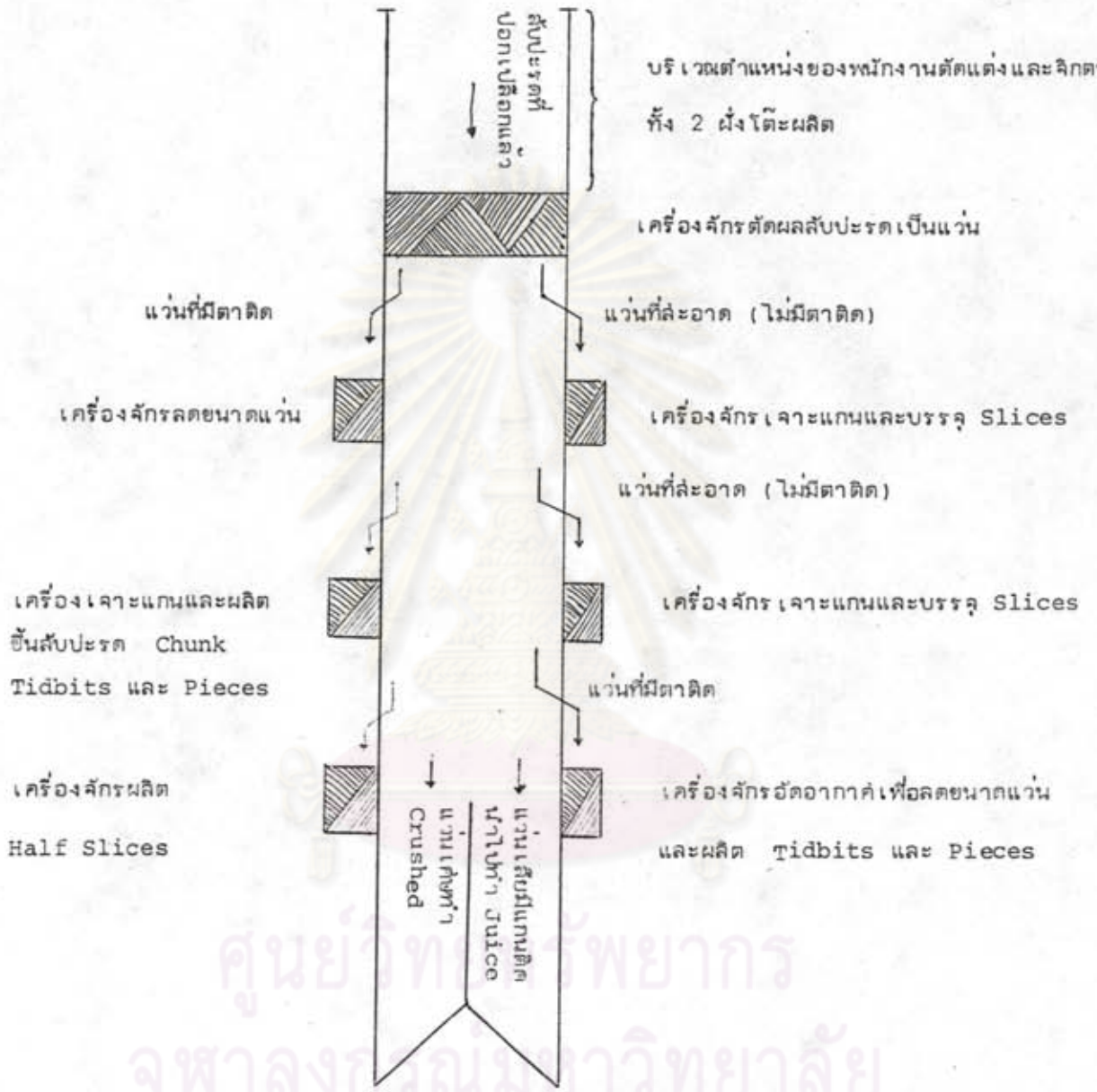
ในด้านการปิดฉลาก ฉลากต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐาน เลขที่ มอก. 31 - 2516 ความในข้อ 11 แก้ไขโดยประกาศตามกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 211 (พ.ศ. 2519) ลงวันที่ 3 พฤษภาคม 2519 (ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 93 ตอนที่ 82) โดยที่ฉลากจะต้องมีตัวเลข ตัวอักษรหรือเครื่องหมายแสดงข้อความต่าง ๆ ให้เห็นได้ง่ายและชัดเจนอยู่ที่สับประรดกระป๋องทุกกระป๋อง

เกณฑ์การตัดสินเกี่ยวกับ คุณลักษณะที่ต้องการ น้ำหนัก ชั่ง ตวง วัด สับประรดกระป๋อง รวมถึงการตรวจสอบต่าง ๆ ทั้งทางเคมีและทางจุลินทรีย์ ถ้าสับประรดกระป๋อง ตัวอย่างใดไม่เป็นไปตามข้อกำหนด รายการข้อใดข้อหนึ่ง ในมาตรฐานนี้ ให้ถือว่าสับประรดกระป๋องตัวอย่างนั้นไม่เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์



รูปที่ 2.8 ผังงาน (Flow Chart) ของระบบการผลิตลับปะรดกระป๋อง

แผนผังรูปโต๊ะผลิตที่เริ่มจากการตัดแต่งไปจนถึงจุดก่อนกระบวนการเติมน้ำเชื่อมและปิดฝาดังรูป



รูปที่ 2.9 ลักษณะโต๊ะผลิตของการผลิตสับปะรดกระป๋อง

ลักษณะโต๊ะผลิตจะเป็นล่ายพานมีพนักงานผลิตประจำอยู่ที่โต๊ะหนึ่ง ๆ ประมาณ 40-50 คน แต่ละคนจะทำหน้าที่ต่าง ๆ เช่น จิกตา Operator เครื่องต่าง ๆ เก็บแว่นที่มีตาและไม่มีตาบรรจุสับปะรดลงกระป๋อง ชั่งน้ำหนักกระป๋อง บัดแว่นที่เสียมีแกนติดเพื่อทำน้ำสับปะรด (Juice) บัดแว่นที่ไม่มีแกนเศษสับปะรดต่าง ๆ เพื่อทำ Crushed การทำงานของพนักงานเหล่านี้จะมีหัวหน้าโต๊ะผลิตควบคุมการทำงานอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการทำงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5.7 ขั้นตอนระบบการผลิต

1. รับวัตถุดิบ (Raw - material) ทางโรงงานสับปะรดกระป๋องจะมีการประกาศรับซื้อผลสับปะรดกับชาวไร่ต่าง ๆ ซึ่งจะมีราคารับซื้ออยู่ระหว่าง 0.50 - 2.00 บาท ต่อกิโลกรัม (ราคาจะไม่แน่นอน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณสับปะรดมากหรือน้อยตามฤดูกาล) จะนำรถบรรทุก ส่วนใหญ่เป็นรถบรรทุกขนาดสิบล้อ สิบล้อ หรือสี่ล้อ บรรทุกผลสับปะรดมาที่โรงงาน และทางเจ้าหน้าที่ควบคุมคุณภาพ จะมาทำการตรวจสุ่มเพื่อเช็คคุณภาพของผลสับปะรดว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่โรงงานตั้งไว้หรือไม่ ถ้าไม่ผ่านก็จะมีการคัดเลือก โดยละเอียดอีกครั้ง จะคัดผลที่เสียออกเหลือไว้แต่ผลที่เหมาะสมทั้งขนาดและสีผิว หลังจากนั้นก็นำรถบรรทุกไปชั่งน้ำหนักเพื่อบันทึกปริมาณน้ำหนัก ผลสับปะรดเพื่อที่ชาวไร่จะนำไปรับเงินกับฝ่ายบัญชีต่อไป

2. คัดขนาด (Grader) หลังจากผ่านการรับวัตถุดิบแล้วพนักงานจะทำการโยนผลสับปะรด ซึ่งใช้ระบบปั้มน้ำให้ไหลวนในขณะที่จะมีเครื่องมือคัดขนาดสับปะรดในขนาดต่าง ๆ โดยให้ล่ายพานพาไปยังจุดปอกเปลือก ที่มีจำนวนเท่าล่ายพานเท่ากับจำนวนโต๊ะผลิต

3. ปอกเปลือก (Two-D-Sizer) หลังจากคัดขนาดผลสับปะรดตามที่ต้องการแล้ว แต่ละชุดปอกเปลือกจะมีเครื่องจักรปอกเปลือกสับปะรดทุกจุด ซึ่งลักษณะการทำงานคร่าว ๆ ได้ดังนี้ คือจะมีใบมีดเป็นท่อกลมและกลวง จะถูกหมุนโดยมอเตอร์ที่เร็วมาก มีหน้าที่ปอกเปลือกในลักษณะทรงกระบอก ซึ่งจะมีล่ายพานนำผลสับปะรดเข้ามาทีละผล จะมีใบมีดตัดหัวท้ายผลสับปะรด ซึ่งการทำงานจะมีความสัมพันธ์กันอย่างดี และทำด้วยความรวดเร็วมาก ในหนึ่งนาทีจะปลอกได้ไม่ต่ำกว่า 50 ผล ซึ่งความเร็วนี้ ช่างเครื่องล่ามารถปรับให้ช้าเร็วตามความต้องการได้

4. จิกตาและตัดแต่ง (Trimming) ตามฝังงานจะมีหน่วยควบคุมคุณภาพ (QC_2) ซึ่งเป็นเจ้าหน้าที่ควบคุมคุณภาพที่ทำการจดบันทึกข้อมูล เช่น นับผลสับปะรดที่เสีย สิบ แกรีน ช้ำเกินไป แกนเอียง ผิดขนาดหรือเน่า เพื่อจะได้นำข้อมูลเหล่านี้ไปพิจารณา วิเคราะห์แล้ว ส่งหน่วยงานที่ปฏิบัติงานผ่านมา (ฝ่ายรับวัตถุดิบ ฝ่ายคัดขนาด และฝ่ายปอกเปลือก) ทำการปรับปรุงแก้ไขต่อไป หลังจากผลสับปะรดผ่านมาตามล่ายพาน พนักงานตัดแต่งและจิกตา จะทำการจิกตาโดยใช้เครื่องมือหนีบตา จากผลสับปะรดที่เป็นรูปทรงกระบอก จะทำการจิกตาเฉพาะผลที่มีเศษตาติดอยู่เท่านั้น และใช้มีดตัดแต่งเปลือก

สับปะรดที่ติดอยู่ในรูปทรงกระบอกอยู่ให้หมดไป เตรียมส่งยังจุดต่อไป

5. ทำแว่นสับปะรด (Slices) จะมีเครื่องจักรที่ทำหน้าที่ตัดผลสับปะรดรูปทรงกระบอกนั้นให้เป็นแว่น ๆ ซึ่งลักษณะการทำงานของเครื่องดังกล่าวนี้จะเป็นใบมีด คอยหมุนตัดไปตามผลสับปะรดที่เลื่อนไปตามสายพาน เป็นแว่น ๆ ขนาดคงที่ ความหนาของแว่นขึ้นอยู่กับชนิดผลิตภัณฑ์ที่ทำ

6. คัดเลือกแว่น (Slecting) ถึงขั้นตอนนี้จะมีการคัดเลือกแว่น โดยแบ่งเป็น 3 ลักษณะคือ

6.1 แว่นที่มีตา (Spotted Fruit) เป็นผลมาจากขบวนการปลอกเปลือก ผลสับปะรดที่มีขนาดไม่เหมาะสมคือ เล็กเกินไป มีตาติดมากผิดปกติ และขั้นตอนการตกแต่งจิกตาทำไม่เหมาะสม จึงผ่านเลยมาเข้าเครื่องทำสับปะรดแว่น ดังนั้นจึงต้องมีพนักงานคอยเก็บแว่น นำมาเรียงตั้งไว้เพื่อรอเข้าเครื่องจักรลดขนาด (Resizer) พร้อมกับเจาะแกนพร้อมกันเลย

ขนาดของแว่นที่ลดขนาดมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 ขนาด คือ

6.1.1 จากเดิม 106 มม. ลดลงเหลือ 89 มม. หรือ 83 มม.

6.1.2 จากเดิม 95 มม. ลดลงเหลือ 80 มม.

6.1.3 จากเดิม 80 มม. ลดลงเหลือ 70 มม.

6.1.4 จากเดิม 70 มม. ลดลงเหลือ 60 มม.

เมื่อลดขนาดแว่นลงแล้วจะคัดเลือกเพื่อนำแว่นที่สมบูรณ์ดีไปทำ Slice หรือ Chunk หรือ Tidbits หรือ Pieces ต่อไป ส่วนแว่นที่ไม่สมบูรณ์ จะนำไปทำ Crushedหรือ Juice ต่อไป

6.2 แว่นที่ไม่มีตา (Cleaned Fruit) จะนำเข้าเครื่องจักรเจาะแกนเพื่อคัดเป็นเกรด B นำไปทำ Slices แล้วนำไปบรรจุกระป๋องต่อไป ส่วนแกน (Slice Core) จะนำไปทำน้ำสับปะรด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.3 แว่นที่ไม่สมบูรณ์ (Incompleted Fruit) พนักงานจะทำการคัดเลือกแว่นที่ล่ามารถทำ Half Slices หรือ Broken Slices (แผนการผลิตทั่วไปเป็นแบบนี้ แต่การปฏิบัติจริง ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ไม่เป็นที่นิยมของผู้บริโภคทางโรงงานก็มักจะไม่ทำการผลิต) ส่วนอื่น ๆ ก็จะนำไปเจาะแกนทำCrushed และส่วนที่เหลือก็จะทำเป็นน้ำสับปะรด (Juice)

7. บรรจุกระป๋อง ในการบรรจุกระป๋องสับปะรดนั้นจะบรรจุตามชนิดผลิตภัณฑ์ ดังกล่าวแล้วในตอนต้น ซึ่งการบรรจุนั้นจะเป็นไปตามมาตรฐาน โดยมีพนักงานควบคุมคุณภาพคอยตรวจสอบน้ำหนักในทางปฏิบัติจะต้องบรรจุน้ำหนักเนื้อสับให้มากกว่าน้ำหนักเนื้อสุกที่ระบุไว้ในฉลาก เนื่องจาก สับปะรดที่ผ่านความร้อนแล้วน้ำหนักจะน้อยกว่าของสับปะรดที่ยังไม่ผ่านความร้อน โดยจะมีฝ่ายแผนการผลิตคอยสั่งการพนักงานโดยใกล้ชิดตลอดเวลา

8. เติมน้ำเชื่อมและปิดฝา (Syruper and Seamer) ตามแผนผังงานนั้นเมื่อทำการบรรจุสับปะรดกระป๋องเรียบร้อยแล้ว กระป๋องเหล่านี้จะถูกลำเลียงโดยสายพานนำไปสู่เครื่องจักรปิดฝา (Seamer) ในโรงงานที่ทำการศึกษานี้มีเครื่องจักรอยู่ 5 จุด ก่อนที่จะกล่าวต่อไป จะขออธิบายขบวนการผลิตน้ำสับปะรด (Juice) พอเข้าใจ คือหลังจากที่สายพานลำเลียงเศษชิ้นสับปะรดต่าง ๆ ที่ไม่สามารถทำผลิตภัณฑ์สับปะรดทุกชนิดได้แล้วและแกนสับปะรดก็จะถูกส่งเข้าสู่ถังบีบจะบีบโดย Screwpress ซึ่งเป็นการบีบน้ำสับปะรดออกจากเนื้อเยื่อสับปะรด ส่วนกากที่ถูกบีบน้ำออกแล้วก็จะทิ้งไป น้ำที่ได้จะเข้าเครื่องจักร Centrifuger เพื่อควบคุมปริมาณของแข็ง (Solid) ในน้ำสับปะรดให้ได้ตามสัดส่วนที่ต้องการ หลังจากนั้นก็จะผ่านขบวนการพาสเจอร์ไรด์ จะทำโดยผ่านอุณหภูมิสูงเวลาน้อย (High Temp Short time) เพราะต้องคำนึงถึงเวลาเป็นส่วนสำคัญน้ำสับปะรดที่ได้จะถูกส่งลงไว้ในถังเก็บขนาดใหญ่ แล้วส่งผ่านตามท่อต่อไปยังเครื่องปิดฝาทุกจุด ในการเติมน้ำเชื่อมหรือน้ำสับปะรดลงในกระป๋องแต่ละกระป๋องจะถูกบรรจุน้ำและปิดฝาอย่างรวดเร็ว เพราะเครื่องจักรมีความทันสมัยมาก หลังจากกระป๋องถูกปิดฝาเรียบร้อยแล้วก็จะลำเลียงผ่านไปยังตู้อบและตู้ทำความเย็น จุดนี้จะมีเจ้าหน้าที่ควบคุมคุณภาพมาตรวจสอบเกี่ยวกับการปิดฝาที่แนบสนิทต้องไม่บุบสลายถึงการยืมรั่วของกระป๋องที่จะเป็นปัญหาในการเก็บรักษาไว้นาน ๆ

9. ผ่านตู้อบและตู้ทำความเย็น (Cooker and Cooling) ตู้อบและตู้ทำความเย็น เป็นตู้ที่ต่อเชื่อมกันเป็นตู้เดียวกัน มีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้า สับปะรด

กระป๋องที่ได้ทำการปิดฝา และตรวจสอบเรียบร้อยแล้วจะถูกผ่านเข้าตู้อบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อฆ่าจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในกระป๋องโดยเฉพาะ Vegetative Cell ให้ตายหมด แต่สับปะรดยังมีคุณภาพใกล้เคียงวัตถุดิบมากที่สุด เมื่อผ่านตู้อบแล้วก็จะเคลื่อนผ่านตู้ทำความเย็น เพื่อลดอุณหภูมิสับปะรดกระป๋อง และในตอนท้ายตู้จะมีท่อเป่าน้ำให้แห้งสนิท เพื่อป้องกันการเกิดสนิมที่กระป๋องได้ พนักงานก็จะนำไปวางเรียงบนแพลเล็ท(Pallet) ในโกดังคลังสินค้า รอรับปิดฉลากและบรรจุกล่องต่อไป

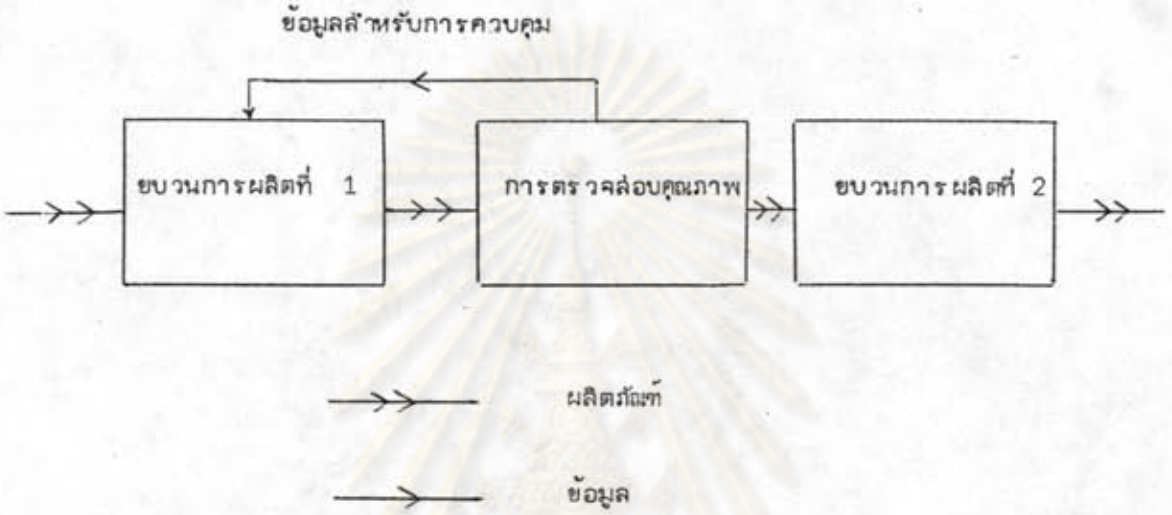
10. ปิดฉลากและการบรรจุกล่อง (Paste a Label and Packing) ขั้นตอนนี้กระทำโดยเครื่องจักรอัตโนมัติปิดฉลากยี่ห้อของผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋องตามต้องการ และเป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรม

2.5.8 ระบบการควบคุมคุณภาพ

ในการควบคุมคุณภาพของการผลิตสับปะรดกระป๋องนั้นเป็นหน้าที่โดยตรงของฝ่ายควบคุมคุณภาพที่จะต้องร่วมมือกับฝ่ายผลิต เพื่อร่วมปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ดียิ่งขึ้นตามระดับความต้องการของผู้บริโภค และต้องดำเนินไปตามแผนงานมาตรฐานที่กำหนดไว้ต่อไป โดยทั่วไปในการควบคุมคุณภาพ นอกจากจะใช้วิธีการตรวจสอบและควบคุมตามแบบฉบับโดยทั่วไปแล้ว ทางฝ่ายควบคุมคุณภาพก็จะนำเอาวิธีสถิติมาช่วยในการควบคุมวิเคราะห์ปัญหาต่าง ๆ เกี่ยวกับคุณภาพของงานได้ดียิ่งขึ้น และทำให้ทราบลักษณะของคุณภาพใดจะต้องได้รับการแก้ไขโดยรีบด่วน และถ้าลักษณะของคุณภาพที่ไม่ดี พิจารณาจากสถิติที่บันทึกไว้ ทำให้การแก้ไขปัญหาถูกจุด สามารถปรับปรุงและแก้ไขปัญหาได้รวดเร็ว โดยส่งข้อมูลที่วิเคราะห์และสังเกตได้ให้ฝ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิต ได้แก้ไขปรับปรุงให้ทันท่วงที ทำให้ลดการสูญเสียเวลา และค่าใช้จ่ายเนื่องจากการแก้ไขงานที่มีคุณภาพไม่ดีลงไป ทำให้ลดต้นทุนการผลิตลงได้

ส่วนในแผนงานที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพสับปะรดกระป๋องดังได้กล่าวแล้วในหัวข้อที่ 2.2.5 ว่า การควบคุมคุณภาพนั้น จะมีการตรวจสอบ 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ การตรวจสอบคุณภาพ ระหว่างการผลิตที่ยังไม่เสร็จสิ้น และการตรวจสอบคุณภาพหลังการผลิตนั้น และตามแผนผังงาน (Flow Chart) ระบบการผลิตนั้น สัญญลักษณ์ QC แสดงถึงเป็นการตรวจสอบคุณภาพระหว่างการผลิต และเป็นการควบคุมคุณภาพส่วนหลัง (Backward Control)

ทั้งสิ้นซึ่งเป็นลักษณะที่ว่า เมื่อได้ข้อมูล หลังจากการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์แล้วก็จะส่งข้อมูลเกี่ยวกับคุณภาพที่ผลิตได้กลับไปยังขบวนการผลิตเดิมเพื่อที่จะได้ปรับแต่งขบวนการผลิตใหม่ในกรณีที่ข้อมูลแสดงให้เห็นว่างานที่ผลิตออกไปนั้นไม่ได้คุณภาพดังรูป



รูปที่ 2.10 แผนผังการควบคุมคุณภาพส่วนหลัง (Backward Control)

ซึ่งในฝ่ายควบคุมคุณภาพนี้ ผู้วางแผนการควบคุมจะมีประสบการณ์ในการผลิตและการตรวจสอบคุณภาพ เพื่อจะพิจารณาวางแผนว่าจุดไหนควรจะตรวจสอบแบบตัวอย่างหรือตรวจสอบร้อยเปอร์เซ็นต์ และจะต้องใช้เทคนิคหรือวิธีการตรวจสอบอย่างไรตามจุดต่าง ๆ การวิเคราะห์การแก้ปัญหามีวิธีการดำเนินการอย่างไรต่อไป อนึ่งในการปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพจะมีการฝึกอบรมให้กับเจ้าหน้าที่อยู่เสมอ เพื่อให้เจ้าหน้าที่ควบคุมคุณภาพมีความรู้และเข้าใจในงานปรับปรุงคุณภาพที่จะต้องพัฒนาไปตามสภาวะการณ์ตลาดผู้บริโภคหรือสภาวะการณ์อื่น ๆ ต่อไป

ในการตรวจสอบคุณภาพ ขณะทำการผลิตอยู่นั้น ทางฝ่ายควบคุมคุณภาพจะมีการบันทึกข้อมูลทุก ๆ จุดโดยละเอียด เพื่อนำมาพิจารณาวันต่อวันที่ผลิตหลังจากที่ได้แจ้งผลคุณภาพให้กับฝ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วข้อมูลต่าง ๆ ก็จะถูกนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อนำเสนอต่อระดับสูงในการพิจารณาสภาวะการผลิตโดยสรุปเป็นช่วง ๆ ตามแต่ช่วงการผลิตมากหรือน้อย

จุดหลักในหน้าที่ของฝ่ายควบคุมคุณภาพของโรงงานลับปะรดกระป๋องที่จะเน้นก็คือ การตรวจสอบคุณภาพหลังการผลิตที่มีการตรวจสอบเทียบตัวอย่างจากผลิตภัณฑ์ทั้งหมดแล้วก็ตัดสินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ส่งเข้ามาตรวจ ในการตรวจสอบคุณภาพนั้น ตรวจให้รู้ว่าคุณภาพเป็นอย่างไร มีความผันแปร (Variation) อย่างไรหรืออาจเป็นเพียงตรวจแค่ให้ทราบว่าผลิตภัณฑ์นั้นดีหรือเสีย (Attributes) โดยพิจารณาตามเกณฑ์คุณลักษณะที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 2.2.5

การตรวจสอบผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋องนั้นมีศัพท์คำทั่วไปเรียกว่าการ Cut out ซึ่งจะเป็นการเก็บตัวอย่างตรวจเช็ค 3 ครั้งคือ

1. วันเดียวกับวันที่ผลิต
2. เก็บไว้ 1 วัน
3. เก็บไว้ 7 วัน

ซึ่งในการเก็บตัวอย่าง จะมีการเก็บตัวอย่างโดยสุ่ม ที่อยู่ในรุ่น (Lot) เดียวกัน จากกองหน่วยสับปะรดกระป๋องที่มีขนาด ยี่ห้อตรา เครื่องหมายการค้า และอื่น ๆ เป็นไปในลักษณะเดียวกัน จำนวนสับปะรดกระป๋องที่จะนำมาวิเคราะห์ให้เป็นไปตามจำนวนตัวอย่าง (n) ทั้งในระดับที่หนึ่งและระดับที่สอง ซึ่งเป็นการสุ่มตัวอย่างโดยใช้แบบการตรวจสอบตัวอย่างคู่ อันเป็นวิธีการที่นิยมกันโดยทั่วไปตามโรงงานอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋องทั่วๆ ไป และจะแสดงจำนวนตัวอย่างตามตารางต่าง ๆ ต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.5 การสุ่มตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสินผลิตภัณฑ์สับประดกระป๋อง

ขนาดของรุ่น (L) กระป๋อง	ระดับการตรวจสอบ			
	ระดับที่ 1		ระดับที่ 2	
	n	c	n	c
1. สำหรับสับประดกระป๋องที่มีน้ำหนักสุทธิน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 กก.				
ไม่มากกว่า 4,800	6	1	13	2
ตั้งแต่ 4,801 - 24,000	13	2	21	3
24,001 - 48,000	21	3	29	4
48,001 - 84,000	29	4	48	6
84,001 - 144,000	48	6	84	9
144,001 - 240,000	84	9	126	13
มากกว่า 240,000	126	13	200	19
2. สับประดกระป๋องที่มีน้ำหนักสุทธิมากกว่า 1 กก. แต่ไม่เกิน 4.5 กก.				
ไม่มากกว่า 2,400	6	1	13	2
ตั้งแต่ 2,401 - 15,000	13	2	21	3
15,001 - 24,000	21	3	29	4
24,001 - 42,000	29	4	48	6
42,001 - 72,000	48	6	84	9
72,001 - 120,000	84	9	126	13
มากกว่า 120,000	126	13	200	19
3. สับประดกระป๋องที่มีน้ำหนักสุทธิมากกว่า 4.5 กก.				
ไม่มากกว่า 600	6	1	13	2
ตั้งแต่ 601 - 2,000	13	2	21	3
2,001 - 7,200	21	3	29	4
7,201 - 15,000	29	4	48	6
15,001 - 24,000	48	6	84	9
24,001 - 42,000	84	9	126	13
มากกว่า 42,000	126	13	200	19

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางจะเห็นว่า จะกำหนดน้ำหนักสุทธิเป็นช่วง ซึ่งน้ำหนักต่าง ๆ นี้ 3 ประเภทคือ

1. น้ำหนักรวม (Total Weight หรือ Gross Weight) เป็นน้ำหนักที่รวมเนื้อสับปะรด น้ำ และตัวกระป๋อง

2. น้ำหนักสุทธิ (Net Weight) เป็นน้ำหนักรวมที่หักเอาน้ำหนักตัวกระป๋องออก

3. น้ำหนักเนื้อ (Drained Weight) เป็นน้ำหนักเฉพาะเนื้อสับปะรดเท่านั้น

ตารางที่ 2.6 น้ำหนักสุทธิของผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋อง

ชนิด	เกรด	ขนาดกระป๋อง	น้ำหนักสุทธิ (กรัม)
Slices	ทุกขนาด	ทุกขนาด	ใช้นับแว่น
Chunk	B	2	520
Chunk	C	2	500
Chunk	B	10	2670
Tidbits	B	2	520
Tidbits	B	10	2670
Pieces	B	$2\frac{1}{2}$	680
Pieces	B	10	2650
Crushed	B	2	-
Crushed	B	10	-

ในปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรม สับปะรดกระป๋องที่อ้างถึงนี้ ส่วนมากจะทำการผลิตกระป๋องชนิดเบอร์ 2 มากที่สุด รองลงมาเป็นเบอร์ 10 ส่วนเบอร์ $2\frac{1}{2}$ ผลิตน้อยที่สุด และการผลิตก็จะผลิตตลอดทั้งวันในการกำหนดรุ่น (Lot) เพื่อใช้ในการควบคุมคุณภาพ ผลิตครั้งละมาก ๆ เช่น ขนาดกระป๋องเบอร์ 2 ทางฝ่ายควบคุมคุณภาพจะกำหนดรุ่น

คือ จำนวน L ในระดับขนาดรุ่นเท่ากับ 1000 ซึ่งในการปฏิบัติจะทำการผลิตใน 1 วันได้จำนวนหลายรุ่น (ฝ่ายควบคุมคุณภาพจะกำหนดเป็นวัน ๆ ไปทุกวันผลิต) ส่วนขนาดกระป๋องเบอร์ $2\frac{1}{2}$ จะกำหนดขนาดรุ่นเล็กลงมาคือ ขนาดรุ่นเท่ากับ 420 ส่วน ขนาดกระป๋องเบอร์ 10 ขนาดรุ่นเท่ากับ 333

ในการกำหนดรุ่นนั้น ทางฝ่ายควบคุมคุณภาพจะไม่กำหนด ขนาดรุ่น (Lot) ใหญ่เกินไป เพราะเป็นเหตุผลในทางเทคนิค และนโยบายที่ล่อคล้องกับการตลาดของทางบริษัท

ในทางปฏิบัติแล้ว ในการผลิต ผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่ง เช่น Pieces กระป๋องเบอร์ 2 เกรด B ในคำสั่งการผลิต อาจเปิดโต๊ะผลิตถึง 5 โต๊ะ และเปิดเครื่องปิดฝาถึง 3 เครื่อง ในการกำหนดขนาดรุ่น อาจยึดเกณฑ์ตามโต๊ะผลิต เครื่องจักรปิดฝา ช่วงเวลาการผลิตในแต่ละวัน จะแบ่งไม่เท่ากันและพิจารณาถึงสภาพการผลิตทั่ว ๆ ไปในแต่ละวัน

ส่วนขนาดตัวอย่างที่สุ่มในแต่ละช่วงการตรวจเช็ค ทั้ง 3 ครั้งนั้นการสุ่มตัวอย่าง จะอยู่ในช่วง 6 กระป๋องถึง 13 กระป๋อง นำมาตรวจสอบเพื่อจะทำใบรับรองรุ่น (Lot) ของผลิตภัณฑ์ (ทั้งช่วงการCut Out ทั้ง 3 ช่วง) นำมาพิจารณา สรุปผลการวิเคราะห์ในหลักเกณฑ์ต่าง ๆ ของคุณลักษณะที่ต้องการดังกล่าวแล้วในข้างต้น ๆ โดยข้อมูลเหล่านี้จะบันทึกรวบรวมไว้อย่างต่อเนื่อง ตลอดช่วงการผลิตทั้งปี ซึ่งมีการเก็บเอกสารข้อมูลค่อนข้างจะเป็นระเบียบเรียบร้อย ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกตัวอย่างชนิดผลิตภัณฑ์มา 3 ชนิดคือ

1. Crushed รหัส 2UC กระป๋องเบอร์ 2
2. Pieces รหัส VC กระป๋องเบอร์ $2\frac{1}{2}$
3. Crushed รหัส UC กระป๋องเบอร์ 10

แล้วนำข้อมูลเหล่านี้มาพิจารณาหลักเกณฑ์ต่าง ๆ และเข้าร่วมปรึกษากับเจ้าหน้าที่ฝ่ายควบคุมคุณภาพ ในการปรับปรุงข้อมูลเพื่อให้เป็นไปตามงานวิจัยเกี่ยวกับการยอมรับของผลิตภัณฑ์ที่นำมาตรวจสอบ เพื่อสรุปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ยำรุดหรือไม่ยอมรับเพราะไม่เป็นไปตามเกณฑ์คุณลักษณะที่ต้องการ

หลังจากที่ฝ่ายควบคุมคุณภาพได้ทำการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ไปตามหลักการควบคุมคุณภาพแล้วก็จะนำผลวิเคราะห์ต่าง ๆ นำเสนอกับฝ่ายการตลาดเพื่อนำไปประกอบกับการเสนอขายกับผู้บริโภค ส่วนรุ่น (Lot) ไหนที่ไม่ผ่านการตรวจสอบผ่านควบคุมคุณภาพ จะส่งกลับทั้ง Lot เพื่อให้ฝ่ายผลิตทำการ Repack คือเปิดกระป๋องใหม่เพื่อทำการบรรจุและคัดเลือกใหม่อีกครั้ง แล้วจึงจะนำมาตรวจสอบต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย