



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (การจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร)

ปริญญา

การจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร

เทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง

การประเมินวิธีชักตัวอย่างสินค้าเกษตรและอาหาร

Evaluation of Sampling Method in Agricultural Commodity and Food

นามผู้วิจัย นางสาวอรอุษา บุญประสม

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชุตินา ไวศรายุทธ์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์รวิพิมพ์ นวีสุข, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์รวิพิมพ์ นวีสุข, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วัน เดือน พ.ศ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประเมินวิธีชักตัวอย่างสินค้าเกษตรและอาหาร

Evaluation of Sampling Method in Agricultural Commodity and Food

โดย

นางสาวอรุษา บุญประสม

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร)

พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อรอุษา บุญประสม 2553: การประเมินวิธีชักตัวอย่างสินค้าเกษตรและอาหาร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร) สาขาการจัดการ

เทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชุตินา ไวศรายุทธ์, Ph.D. 105 หน้า

มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารในระบบสากลใช้กระบวนการตรวจสอบรุ่นสินค้า ด้วยการชักตัวอย่าง เพื่อให้ได้ตัวแทนที่ดีของรุ่นที่จะนำไปตรวจวิเคราะห์ และอาศัยผลการวิเคราะห์ในการตัดสินใจคุณภาพรุ่นสินค้า ความเชื่อมั่นของผลการตัดสินใจคุณภาพรุ่นสินค้าขึ้นอยู่กับค่าความไม่แน่นอนรวมในกระบวนการวัด ซึ่งเกิดจากความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่าง และการวิเคราะห์ องค์ประกอบหลักของค่าความไม่แน่นอนรวมจากการวัด คือ ความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่าง ซึ่งความใช้ได้ของวิธีการชักตัวอย่างสามารถประเมินได้ด้วยค่าความไม่แน่นอนที่เกิดจากการชักตัวอย่างร่วมกับระดับค่าคุณภาพของสินค้า เทียบกับเกณฑ์ควบคุม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความใช้ได้ของวิธีชักตัวอย่างสินค้าเกษตรและอาหาร เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาวิธีการชักตัวอย่าง โดยศึกษาการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่างบนสินค้า 2 ชนิด คือ อาหารไก่บรรจุกระสอบ และผลไม้รวมในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง ดำเนินการเก็บตัวอย่างด้วยขั้นตอนการชักตัวอย่างตามการปฏิบัติงานจริง กำหนดพารามิเตอร์สำหรับวิเคราะห์ในตัวอย่างเป็นเป้าหมาย คือ ค่าโปรตีนในอาหารไก่ชนิดเม็ด และค่าความเป็นกรด (Acidity) ในผลไม้รวมในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง วางแผนการทดลองแบบ Two-split level Replication Design เพื่อศึกษาปัจจัย 2 ตัวที่มีผลต่อค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่าง คือ ตำแหน่งสินค้า (Space) และเวลาผลิต (Time) ของรุ่นสินค้า ประมาณค่าความไม่แน่นอนจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ด้วยค่าสถิติพิสัย (Statistic range) ตามแนวทางที่ระบุในคู่มือ Nordtest Handbook (2007) ผลการศึกษาพบว่า วิธีการชักตัวอย่างอาหารสัตว์ในปัจจุบันตามที่กำหนด ให้ค่าความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่างประมาณ 1-2% และมีระดับค่าเฉลี่ยของปริมาณ โปรตีนในรุ่นสินค้าใกล้เคียงกับเกณฑ์ควบคุม สำหรับวิธีการชักตัวอย่างผลไม้รวมบรรจุกระป๋องที่ใช้ในปัจจุบันให้ค่าความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่างค่อนข้างสูง ประมาณ 6-10% แต่เนื่องจากระดับค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดที่วัดได้ในรุ่นสินค้าต่ำกว่าเกณฑ์ควบคุมมาก ดังนั้น เพื่อพิจารณาค่าความไม่แน่นอนที่เกิดจากการชักตัวอย่างร่วมกับค่าเฉลี่ยของปริมาณ โปรตีนหรือค่าความเป็นกรด เทียบกับเกณฑ์ควบคุมในสินค้าทั้งสองกลุ่ม วิธีการชักตัวอย่างที่ใช้ในสินค้าทั้งสองกลุ่มยังคงมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน (Fit of use) สำหรับแนวทางการพัฒนาวิธีการชักตัวอย่างตามหลักประกันคุณภาพ ได้นำเสนอรูปแบบบันทึกรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับงานการชักตัวอย่าง เพื่อช่วยเรียบเรียงข้อมูลตามระบบเอกสารในการประกันคุณภาพ และใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงแก้ไขวิธีชักตัวอย่างให้สอดคล้องกับระดับสถานการณ์ของสินค้าอย่างต่อเนื่อง เพื่อนำไปใช้ต่อไปในอนาคต

Ornausa Boonprasom 2010: Evaluation of Sampling Method in Agricultural Commodity and Food. Master of Science (Agro-Industrial Technology Management), Major Field: Agro-Industrial Technology Management, Department of Agro-Industrial Technology. Thesis Advisor: Assistant Professor Chutima Waisarayutt, Ph.D. 105 pages.

The international standard for agricultural and food product required a system of inspection. Using sampling inspection as a good representative of product lot in order to decide for the quality of lots. The reliability of decision on measurement results by estimating the measurement uncertainty arising from the process quality of sampling and analysis. The sampling paid more important contribution to measurement uncertainty. The precision of the sampling procedure can be evaluated by using value of sampling uncertainty with the average product quality profile comparing to the specification limit. This research aimed to validate the current sampling method implemented in agriculture commodity and food to guide the development of sampling procedure. The sampling uncertainty estimation in this research was done on two products which were chicken granular feed packed in bag and canned fruit cocktail in syrup. The sampling was done following the current procedure and sampling fields were in the manufacturer warehouses. Measurement parameters were protein content in the dry basis and acidity content for chicken feed and fruit cocktail, respectively. Two-split level Replicate Design was used as design experiment. Two factors of lot space (different position within the product lot) and lot production time were varied in order to estimate the uncertainty from the sampling. The uncertainty value was estimated from standard deviation derived from the statistic range, referring from Nordtest Handbook, 2007. The study found that both sampling procedure for feed and fruit cocktail, currently used were fit to use according to the value of uncertainty value compare to the average protein or acidity found in lot sample. The sampling uncertainty from feed was relatively low, around 1-2%. The average protein content found in the lot sample was also close to the protein control line. The sampling uncertainty from acidity content in fruit cocktail was relatively high, around 6-10%. However, the average acidity found in product sampling was very low compared to the acidity control line. Therefore, considering the value of sampling uncertainty with average protein or acidity content comparing to specification limit in both product groups, the sampling methods used in both product groups are fit of use. For development sampling procedure according to quality assurance from a model of document records that used to comply data in the documentation of quality assurance and improve sampling methods for implementation in the future.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชุตินา ไวศรายุทธ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูง ที่กรุณาให้ความรู้ ความช่วยเหลือในการวางแผนงานวิจัย ตลอดจนให้คำปรึกษา แนะนำประเด็นที่สำคัญต่าง ๆ และแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิพิมพ์ ฉวีสุข อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยเหลือการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหาร (มกอช.) ที่สนับสนุนทุนวิจัยในการจัดทำโครงการพัฒนาหลักการสร้างวิธีการชักตัวอย่างตามหลักสากล เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของงานการกำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหาร และหน่วยงานจากภาครัฐและภาคอุตสาหกรรม ได้แก่ กรมปศุสัตว์ บริษัทพัฒนาอาหารสัตว์ จำกัด และบริษัทมาลีสามพราน จำกัด (มหาชน) ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลและการเก็บตัวอย่าง ตลอดจนอำนวยความสะดวกในด้านการประสานงานที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ซึ่งทำให้เกิดความสำเร็จในการดำเนินงานและงานวิจัยในครั้งนี้ ผู้เขียนขอขอบคุณสำเร็จในการจัดทำโครงการในครั้งนี้ให้กับผู้สนับสนุนทุกท่าน

สุดท้ายขอขอบพระคุณ คุณพ่อป๊อง คุณแม่เต๋า พี่ใบตอง ที่ให้การสนับสนุนในการศึกษา และอยู่เคียงข้างให้กำลังใจมาโดยตลอด นอกจากนี้ขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคน ที่ให้คำปรึกษาแนะนำ และเจ้าหน้าที่ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องต่าง ๆ ซึ่งทำให้ผู้เขียนสามารถทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

อรอุษา บุญประสม

เมษายน 2553

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	4
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	48
อุปกรณ์	48
วิธีการ	48
ผลและวิจารณ์	56
สรุปและข้อเสนอแนะ	70
สรุป	70
ข้อเสนอแนะ	71
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	73
ภาคผนวก	78
ภาคผนวก ก ผลวิเคราะห์ค่าโปรตีนในน้ำหนักแห้งของอาหารไก่บรจุ	
กระสอบและตัวอย่างการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการชัก	
ตัวอย่าง	79
ภาคผนวก ข ผลวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดของผลไม้รวมในน้ำเชื่อมบรรจุ	
กระป๋องและตัวอย่างการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการชัก	
ตัวอย่าง	92
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	105

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เกณฑ์การสุ่มตัวอย่างแยกการเก็บตามลักษณะบรรจุภัณฑ์	8
2	แผนการสุ่มตัวอย่างอาหารกระป๋อง: น้ำหนักสุทธิน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 กิโลกรัม	13
3	สรุปชนิดสินค้าที่เลือกใช้เป็นกรณีศึกษา	50
4	ตารางบันทึกผลวิเคราะห์สำหรับประมาณค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่าง กรณีการทำ Validation in space	52
5	ตารางบันทึกผลวิเคราะห์สำหรับประมาณค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่าง กรณีการทำ Validation in time	53
6	ผลการทดสอบความสม่ำเสมอ (Homogeneity) ของข้อมูล	57
7	ผลการประมาณค่าความไม่แน่นอนจากวิธีการวิเคราะห์ การชักตัวอย่าง และการวัด	58
ตารางผนวกที่		
ก1	ผลวิเคราะห์ค่าโปรตีนในอาหารไก่ชนิดเม็ดบรรจุกระสอบ วางแผนการทดลองแบบ Two-split level replicate design เพื่อศึกษา Validation in space	80
ก2	ผลวิเคราะห์ค่าโปรตีนในอาหารไก่ชนิดเม็ดบรรจุกระสอบ วางแผนการทดลองแบบ Two-split level replicate design เพื่อศึกษา Validation in time	85
ก3	ตัวอย่างการประมาณค่าความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่างของค่าโปรตีนเฉลี่ยในอาหารไก่ชนิดเม็ด จำนวน 8 ตำแหน่งสินค้า (Validation in space) ในรุ่นที่ 4	86

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ก4 ตัวอย่างการประมาณค่าความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่างของค่าโปรตีน เฉลี่ยในอาหารไก่ชนิดเม็ด เก็บตัวอย่างแบบรวมจาก 8 ตำแหน่งต่อรุ่น ณ เวลาผลิตสินค้าต่างกัน (Validation in time) จำนวน 10 รุ่น	88
ก5 ผลการทดสอบความสม่ำเสมอ (Homogeneity) ของค่าเฉลี่ยโปรตีนใน อาหารไก่ชนิดเม็ด จำนวน 10 รุ่นสินค้า	90
ก6 ผลการประมาณค่าความไม่แน่นอนจากวิธีการวิเคราะห์ การชักตัวอย่าง และการวัดค่าโปรตีนในตัวอย่างอาหารไก่ชนิดเม็ด	91
ข1 ผลวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดในผลไม้รวมในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง วาง แผนการทดลองแบบ Two-split level replicate design เพื่อศึกษา Validation in space	93
ข2 ผลวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดในผลไม้รวมในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง วาง แผนการทดลองแบบ Two-split level replicate design เพื่อศึกษา Validation in time	98
ข3 ตัวอย่างการประมาณค่าความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่างของค่าความ เป็นกรดเฉลี่ยในผลไม้รวมบรรจุกระป๋อง จำนวน 10 ตำแหน่งสินค้า (Validation in space) ในรุ่นที่ 6	99
ข4 ตัวอย่างการประมาณค่าความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่างของค่าความ เป็นกรดเฉลี่ยในผลไม้รวมบรรจุกระป๋อง เก็บตัวอย่างแบบรวมจาก 10 ตำแหน่งต่อรุ่น ณ เวลาผลิตสินค้าต่างกัน (Validation in time) จำนวน 10 รุ่น	101
ข5 ผลการทดสอบความสม่ำเสมอ (Homogeneity) ของค่าเฉลี่ยความเป็นกรด ในตัวอย่างผลไม้รวมในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง จำนวน 10 รุ่นสินค้า	103
ข6 ผลการประมาณค่าความไม่แน่นอนจากวิธีการวิเคราะห์ การชักตัวอย่าง และการวัดค่าความเป็นกรดในตัวอย่างผลไม้รวมในน้ำเชื่อมบรรจุ กระป๋อง	104

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1	6
2	7
3	10
4	11
5	12
6	15
7	18
8	19
9	22
10	23
11	32
12	33
13	37
14	37
15	38
16	55
17	62
18	65

การประเมินวิธีชักตัวอย่างสินค้าเกษตรและอาหาร

Evaluation of Sampling Method in Agricultural Commodity and Food

คำนำ

การดูแลมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารในระบบสากล ใช้การตรวจสอบ (Inspection) รุนสินค้า เพื่อยืนยันระดับคุณภาพและมาตรฐานสินค้าที่จะส่งมอบถึงมือลูกค้า โดยอาศัยผลที่ได้จากกระบวนการวัด ซึ่งผลการวัดแสดงถึงคุณลักษณะของสินค้าในรุน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจยอมรับรุนสินค้า ว่าเป็นไปตามคุณภาพและมาตรฐานที่กำหนดหรือไม่ ความเชื่อมั่นในผลตัดสินใจยอมรับคุณภาพรุนสินค้า แสดงด้วยค่าความไม่แน่นอนรวมที่เกิดขึ้นในกระบวนการวัด ซึ่งเป็นข้อกำหนดในระบบ ISO/IEC 17025 ว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและห้องปฏิบัติการสอบเทียบ ที่กำหนดให้มีการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการวัด (Measurement uncertainty) สำหรับการทดสอบที่มีการระบุปริมาณความไม่แน่นอนของการวัดเป็นค่ารวมของผลกระทบทั้งหมดที่มีต่อผลการวิเคราะห์ (ทิพวรรณ, 2549) แหล่งที่เป็นองค์ประกอบของความไม่แน่นอนรวมของการวัดเกิดจาก 2 แหล่งหลัก คือ ความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่าง (Sampling uncertainty) ภายในคลังสินค้าของโรงงานก่อนการจัดส่ง และความไม่แน่นอนจากการวิเคราะห์สินค้า (Analysis uncertainty) ในห้องปฏิบัติการ การสร้างความเชื่อมั่นในผลการตัดสินใจยอมรับคุณภาพรุนสินค้า จึงจำเป็นต้องนำหลักประกันคุณภาพมาใช้ทั้งในส่วนของการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ และส่วนของการชักตัวอย่างเพื่อให้ได้ตัวแทนที่ดีของรุนสินค้าที่จะนำไปวิเคราะห์ ซึ่งแนวทางดังกล่าวมีแนวโน้มนำไปใช้สำหรับการค้าระดับสากล เพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศสาขาวิธีวิเคราะห์และชักตัวอย่าง (Codex Methods of Analysis and Sampling: CCMAS) ที่ต้องการสร้างความเชื่อมั่นในมาตรฐานสินค้า จากการกำหนดทิศทางการวิเคราะห์และการชักตัวอย่างให้เป็นไปในแนวทางประกันคุณภาพ โดยการรายงานผลที่ระบุระดับความไม่แน่นอนดังกล่าวจะมีผลต่อการตัดสินใจในการกำหนดเกณฑ์ค่าควบคุม (Enforcement limit) ในแต่ละชนิดสินค้าอีกด้วย (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ [มกอช.], 2552)

ค่าความไม่แน่นอนของการวัด เป็นตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับผลการวัดที่มีลักษณะการกระจายของค่าครอบคลุมปริมาณที่วัด โดยที่ตัวแปรอาจเป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

หรือค่าความแปรปรวน (Variance) (พจนาน, 2546) ขนาดความไม่แน่นอนของการวัด ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบความไม่แน่นอน 2 แห่ง คือ การชักตัวอย่าง และการวิเคราะห์ ซึ่งองค์ประกอบความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นในการวิเคราะห์ เป็นความคลาดเคลื่อนของผลวิเคราะห์ ที่เกิดจากการวิเคราะห์ซ้ำบนตัวอย่างเดียวกัน และอาจเกิดจากความคลาดเคลื่อนของวิธีการวิเคราะห์ รวมถึงปริมาณตัวอย่างทดสอบที่มีน้อยและไม่มีความเป็นเนื้อเดียวกัน (Heterogeneity) แต่เนื่องจากห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่ นำระบบ ISO/IEC 17025 มาใช้เป็นแนวทางในการควบคุมวิธีการวิเคราะห์ ความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์จึงถูกควบคุมและส่งผลกระทบต่อค่าความไม่แน่นอนของการวัดค่อนข้างน้อย ส่วนความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นในการชักตัวอย่าง เป็นความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มเก็บตัวอย่างสินค้าปนรุ่น และจากความไม่สม่ำเสมอของสินค้าในรุ่น รวมถึงการเตรียม การจัดเก็บรักษา และการขนส่งตัวอย่าง (EURACHEM, 2007) ซึ่งตัวอย่างที่ได้เป็นตัวแทนของรุ่นสินค้าที่จะนำไปวิเคราะห์ หากตัวอย่างที่ทำการวัดค่านี้ไม่เป็นตัวแทนที่ดีของสิ่งที่ต้องการทราบข้อมูล จะนำไปสู่การตัดสินใจคุณภาพรุ่นสินค้าผิดพลาด ซึ่งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับงานการชักตัวอย่างในปัจจุบัน ยังไม่มีการทำระบบควบคุมและประกันคุณภาพวิธีการชักตัวอย่างมาใช้ และไม่ทราบว่าวิธีการชักตัวอย่างมีความเหมาะสมต่อการใช้งานหรือไม่ จึงทำให้ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการชักตัวอย่างเป็นแหล่งที่มีผลกระทบต่อค่าความไม่แน่นอนของการวัดมาก

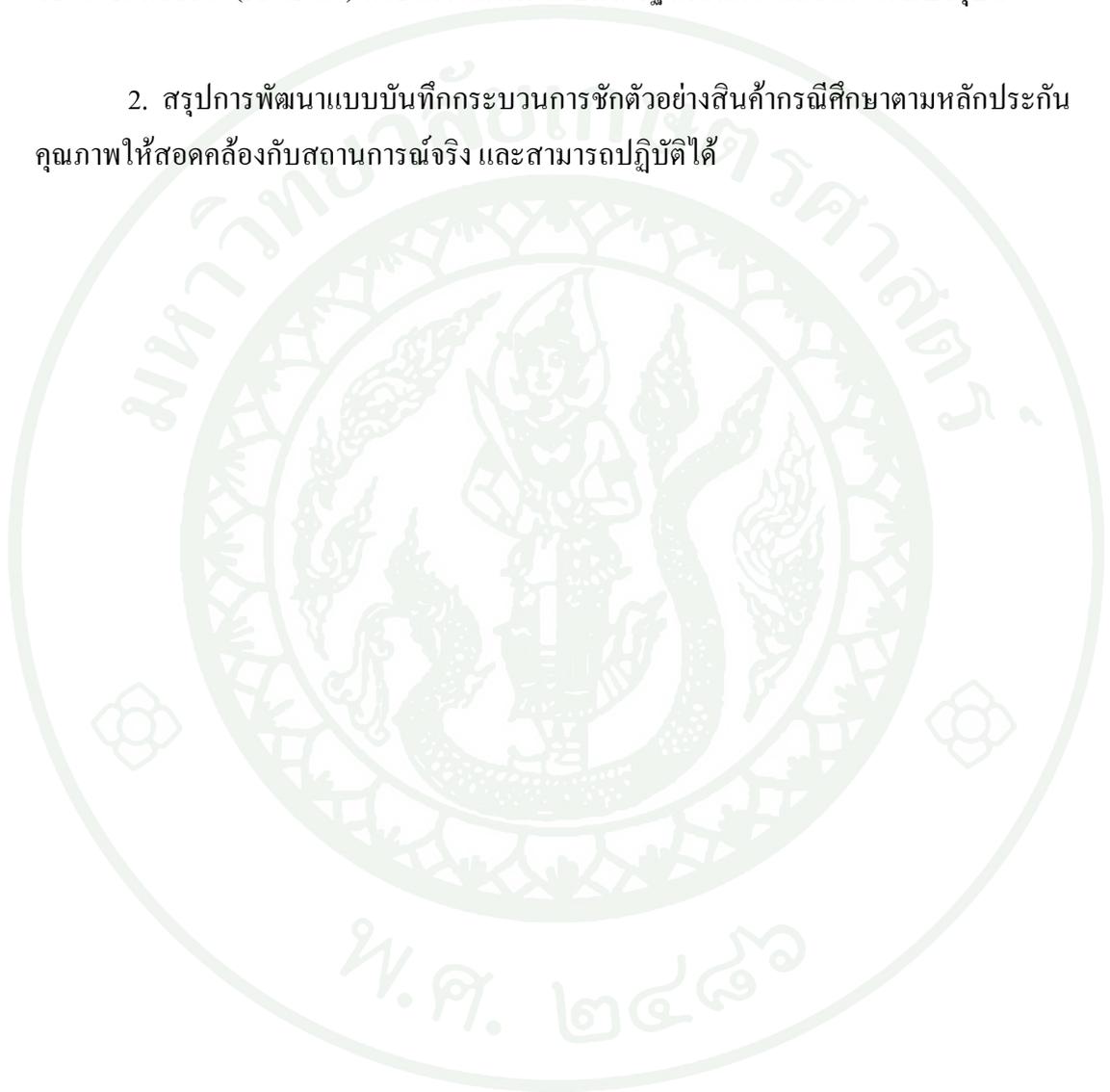
เนื่องจากองค์ประกอบส่วนใหญ่ในค่าความไม่แน่นอนของการวัดเป็นค่าความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่าง (อัจฉรา, 2548; Ambrus, 2009; Castanheira *et al.*, 2009) ดังนั้น การระบุความเหมาะสมของวิธีการชักตัวอย่าง (Fit of use) ที่ใช้งานในปัจจุบัน สามารถทำได้การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่างตามแผนการทดลองที่กำหนดขึ้น ในการทดสอบความใช้ได้ของวิธีการชักตัวอย่าง (Sampling validation) จะตัดสินใจว่าวิธีการชักตัวอย่างใช้ได้หรือไม่ โดยพิจารณาจาก 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยระดับคุณภาพของสินค้าในอุตสาหกรรมปัจจุบันร่วมกับค่าความไม่แน่นอนรวมที่เกิดขึ้นในกระบวนการวัด เทียบกับปัจจัยเกณฑ์ค่าควบคุมของสินค้า

เห็นได้ว่า การชักตัวอย่างมีบทบาทสำคัญต่อการสรุปคุณสมบัติของสินค้าในรุ่นสินค้า ซึ่งปัจจุบันมีข้อมูลการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่างค่อนข้างน้อยและไม่เป็นที่แพร่หลาย (Ambrus, 2009) ดังนั้น งานวิจัยนี้ ทำการศึกษาหลักการประกันคุณภาพวิธีการชักตัวอย่าง และกระบวนการชักตัวอย่างสินค้าเกษตรและอาหารของไทยในปัจจุบัน เพื่อรวบรวมข้อมูลในการนำไปกำหนดแนวทางการพัฒนาวิธีการชักตัวอย่างตามหลักประกันคุณภาพให้สอดคล้องกับมาตรฐานสากล และศึกษาหลักการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่าง เพื่อทดสอบความใช้ได้ของวิธีการชักตัวอย่าง (Sampling validation) บนสินค้าจริง โดยเลือกสินค้า

ที่ใช้เป็นกรณีศึกษา 2 ชนิด คือ อาหารไก่บรรจุกระสอบ และผลไม้รวมในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง โดยกำหนดพารามิเตอร์ที่จะทำการตรวจวัดในสินค้า คือ ปริมาณ โปรตีนในน้ำหนักแห้งของอาหารไก่ชนิดเม็ด และปริมาณกรดในน้ำและเนื้อของผลไม้รวมบรรจุกระป๋อง ซึ่งสินค้าทั้ง 2 ชนิด มีคุณลักษณะของสินค้าแตกต่างกัน และเป็นสินค้าที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ มีแนวโน้มการเติบโตทั้งด้านปริมาณและมูลค่าทางการค้า รวมถึงมีวิธีการซักรับประทานที่มีแนวทางปฏิบัติเป็นมาตรฐาน และวิธีการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรองระบบ ISO/IEC 17025 ว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและห้องปฏิบัติการสอบเทียบ และมีการทดสอบความชำนาญการตรวจวิเคราะห์ (Proficiency Testing; PT) ระหว่างห้องปฏิบัติการ ซึ่งปัจจัยทุกส่วนขณะศึกษาครั้งนี้เป็นตัวแทนของการปฏิบัติงานการซักรับประทาน และการวิเคราะห์ที่ใช้อยู่ในงานกำกับดูแลมาตรฐานสินค้าในปัจจุบัน ผลที่ได้จากการพัฒนาแบบบันทึกวิธีการซักรับประทานตามหลักประกันคุณภาพ และข้อมูลค่าความไม่แน่นอนจากการซักรับประทาน สามารถใช้ชี้แจงความเหมาะสมของวิธีการซักรับประทานสินค้า (Fit of use) ที่ใช้ในปัจจุบัน และใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาวิธีการซักรับประทานสินค้าเกษตรและอาหารชนิดอื่นให้เป็นไปตามหลักการประกันคุณภาพต่อไป

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาหลักการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่างสินค้ากรณีศึกษา เพื่อทดสอบความใช้ได้ของวิธีการชักตัวอย่าง (Sampling validation) และชี้แจงความเหมาะสมของวิธีการชักตัวอย่าง (Fit of use) ที่ใช้ในงานการกำกับมาตรฐานสินค้าในสถานการณ์ปัจจุบัน
2. สรุปการพัฒนาแบบบันทึกกระบวนการชักตัวอย่างสินค้ากรณีศึกษาตามหลักประกันคุณภาพให้สอดคล้องกับสถานการณ์จริง และสามารถปฏิบัติได้



การตรวจเอกสาร

การประเมินวิธีการชักตัวอย่างสินค้าเกษตรและอาหาร: กรณีศึกษา 2 ชนิด คือ อาหารสัตว์อัดเม็ด และผลไม้วุ้นรวมในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง มีแนวคิดและหลักการที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

สถานการณ์อุตสาหกรรม และกระบวนการชักตัวอย่างสินค้ากรณีศึกษา

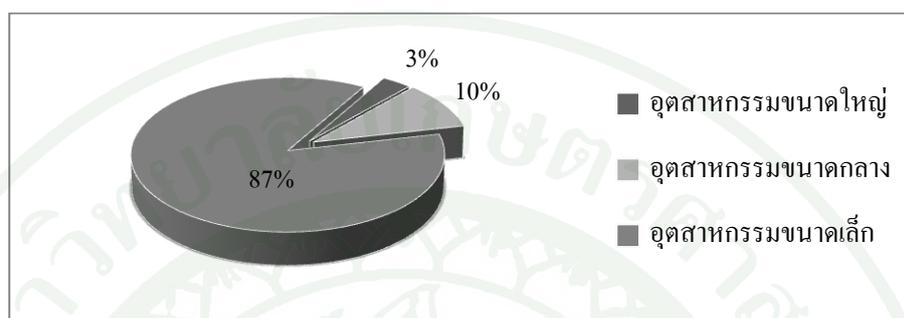
1. สถานการณ์อุตสาหกรรม และการบวนการชักตัวอย่างอาหารสัตว์

1.1 สถานการณ์อุตสาหกรรมอาหารสัตว์

อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ เป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีความเกี่ยวข้องและเชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมอาหาร โดยเฉพาะอุตสาหกรรมการแปรรูปสัตว์น้ำและอุตสาหกรรมแปรรูปเนื้อสัตว์ เนื่องจากเป็น โครงสร้างต้นทุนของการเลี้ยงสัตว์ที่สำคัญ และทั้งสองอุตสาหกรรมจะมีความเชื่อมโยงด้านการเติบโตที่สอดคล้องกัน หากอุตสาหกรรมแปรรูปขยายตัวดี ก็จะมีการความต้องการวัตถุดิบเพิ่มขึ้น อาหารสัตว์ก็จะมีความต้องการมากขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้การผลิตอาหารสัตว์บางประเภทยังใช้วัตถุดิบที่เหลือจากการผลิตในอุตสาหกรรมอาหารในบางประเภท ทำให้เกิดการสร้างมูลค่าเพิ่มโดยรวมแก่อุตสาหกรรมอาหารไทยอย่างครบวงจร อย่างไรก็ตาม เมื่อกล่าวถึงอาหารสัตว์ที่ผลิตในระดับอุตสาหกรรมจะมีความแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์การใช้และประเภทของสัตว์ แต่วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตอาหารสัตว์ที่สำคัญจะมีเพียงไม่กี่รายการ ต่างกันที่สูตรส่วนผสมเพื่อให้ได้คุณค่าทางโภชนาการที่เหมาะสมกับสัตว์แต่ละช่วงวัยและสายพันธุ์เท่านั้น วัตถุดิบเกษตรที่สำคัญสำหรับอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ได้แก่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ กากถั่วเหลือง ปลาป่น กระดูกป่น มันสำปะหลังอัดเม็ด เป็นต้น

การจำแนกสินค้าอาหารสัตว์แบ่งตามสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญ ได้แก่ ประเภทแรก คือ อาหารสัตว์บก เช่น อาหารไก่เนื้อ อาหารไก่ไข่ อาหารเป็ด อาหารสุกร อาหารโคเนื้อและโคนม ประเภทที่สอง คือ อาหารสัตว์น้ำ เช่น อาหารกุ้ง อาหารปลา และประเภทสุดท้าย อาหารสัตว์เลี้ยงหรือจำแนกตามลักษณะของอาหารอาจแบ่งได้เป็น อาหารข้น (Concentrate) อาหารหยาบ (Roughage) อาหารสำเร็จ (Complete feed) อาหารเม็ด (pellet) อาหารแตกเป็นเสี้ยว (Crumble feed) อาหารป่น (Mass feed) อาหารผสมล่วงหน้า (Premix) อาหารผสมสำเร็จรูป (Total mix rations) และวัตถุดิบเติมในอาหารสัตว์ (Feed additives)

โครงสร้างอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ของไทยประกอบด้วยผู้ผลิต 712 ราย เป็นผู้ผลิตขนาดใหญ่ที่มีโรงงานย่อยกระจายตามแหล่งเลี้ยงสัตว์ที่สำคัญ 23 ราย แต่เป็นผู้ผลิตที่ครองส่วนแบ่งตลาดอาหารสัตว์เกือบทั้งประเทศ สำหรับผู้ผลิตขนาดเล็กจะเป็นลักษณะการแปรรูปวัตถุดิบเบื้องต้นและส่งขายให้โรงงานขนาดใหญ่อีกทอดหนึ่ง (กรมโรงงาน, 2551)

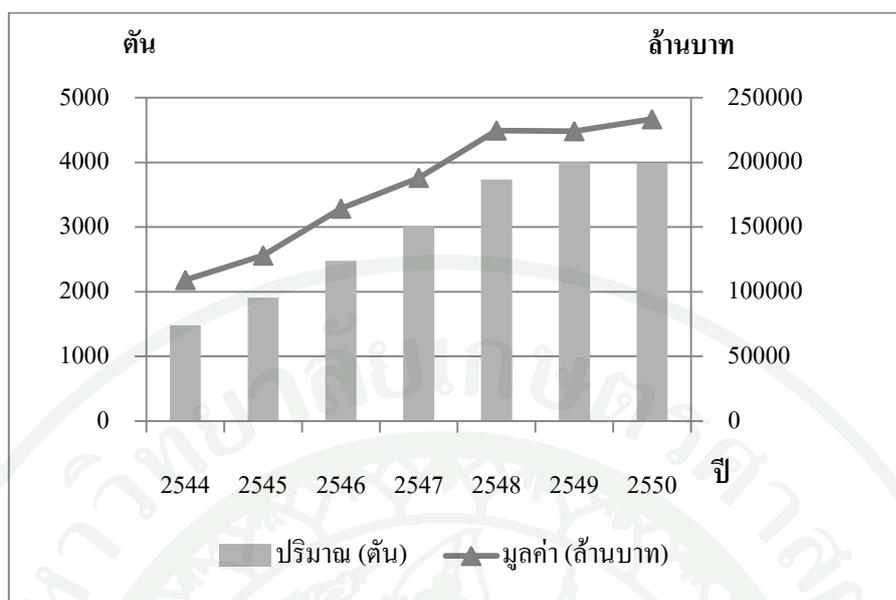


ภาพที่ 1 โครงสร้างอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ของไทย ปี 2551

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2551)

สถานการณ์การผลิตอาหารสัตว์ในปี 2551 ถือว่าอยู่ในสถานการณ์ที่เติบโตดี ความต้องการโดยรวมอยู่ที่ประมาณ 12.55 ล้านตัน แบ่งเป็นอาหารไก่เนื้อ 4.23 ล้านตัน อาหารไก่ไข่ 2.29 ล้านตัน อาหารสุกร 4.05 ล้านตัน และอาหารสัตว์หมวดอื่น ๆ (อาหารเป็ด อาหารโค และอาหารสัตว์น้ำ) 1.98 ล้านตัน คาดการณ์ปริมาณความต้องการอาหารสัตว์จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตามการพัฒนาตลาดเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ในประเทศ และการขยายตัวของการส่งออกผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ (สมาคมผู้ผลิตอาหารสัตว์, 2552)

ภาพรวมของตลาดอาหารสัตว์ ยังคงพึ่งพาดตลาดในประเทศ ซึ่งจะมีการขยายตัวตามปริมาณการเลี้ยงสัตว์ของประเทศเป็นสำคัญ สำหรับการส่งออกอาหารสัตว์ไปยังตลาดต่างประเทศ มีโอกาสทางธุรกิจมากขึ้น โดยในปี 2550 ประเทศไทยมีปริมาณการส่งออกอาหารสัตว์เศรษฐกิจ และสารผสมล่วงหน้า (Premix) ประมาณ 2 แสนตัน มีมูลค่าการส่งออกประมาณ 5 พันล้านบาท เมื่อพิจารณาปริมาณการส่งออกตั้งแต่ปี 2544-2550 พบว่า การส่งออกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกอาหารสัตว์และสารผสมล่วงหน้า (Premix) ปี 2544-2550

ที่มา: กรมศุลกากร (2551)

1.2 กระบวนการชักตัวอย่างอาหารสัตว์ (ธวัชชัย, 2550)

การเก็บตัวอย่างอาหารสัตว์ ตามพระราชบัญญัติควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ พ.ศ. 2525 เพื่อตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการกรมปศุสัตว์ มีขั้นตอนการเก็บตัวอย่างตามระเบียบของกรมปศุสัตว์ ว่าด้วย วิธีการเก็บตัวอย่างอาหารสัตว์เป็นตัวอย่างเพื่อทดสอบ ตรวจสอบหรือวิเคราะห์คุณภาพ พ.ศ. 2546 เกณฑ์และวิธีการชักตัวอย่างอาหารสัตว์บรรจุถุง/กระสอบ ดังนี้

1.2.1 เกณฑ์การชักตัวอย่างสินค้าอาหารสัตว์บรรจุถุง/กระสอบ

เกณฑ์การชักตัวอย่าง อ้างอิงตามหลักมาตรฐานของ ISO 950 : Cereals-Sampling (as grain) โดยมีเกณฑ์การชักตัวอย่างขึ้นอยู่กับจำนวนหรือปริมาณสินค้าที่ผลิตในรุ่น การสุ่มตัวอย่างเป็นไปตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์การสุ่มตัวอย่างแยกการเก็บตามลักษณะบรรจุภัณฑ์

ลักษณะบรรจุภัณฑ์	ถุง/กระสอบ
1. ขนาดรุ้นสินค้า	น้อยกว่า 12 ตัน/รุ้น หรือ 200 ถุง ถุงละไม่เกิน 60 กิโลกรัม
2. จำนวนถุงตัวอย่าง	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 2 ของขนาดรุ้นสินค้า
3. จำนวนจุดสุ่มเก็บ	ไม่น้อยกว่า 4 จุดของแต่ละถุง/กระสอบตัวอย่าง
4. ปริมาณการเก็บ	3 กิโลกรัม
5. ปริมาณการเตรียมตัวอย่าง	1 กิโลกรัม
6. ความถี่การเก็บ	2 ครั้ง โดยทิ้งระยะห่างไม่ต่ำกว่า 1 เดือน และต้องแน่ใจว่าเป็นสินค้าคนละรุ้นกับที่เก็บตัวอย่างครั้งก่อน

หมายเหตุ กรณีขนาดรุ้นสินค้ามากกว่า 12 ตัน/รุ้น หรือเกิน 200 ถุง ให้คิดส่วนที่เกินเป็นรุ้นใหม่ กรณีขนาดรุ้นสินค้าไม่เกิน 10 ถุง/กระสอบ ให้สุ่มเก็บจำนวนตัวอย่างทุกถุง/กระสอบ

ที่มา: ราชชัช (2550)

1.2.2 กระบวนการเก็บตัวอย่างอาหารสัตว์ เพื่อตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการทดสอบของกรมปศุสัตว์ มีดังนี้

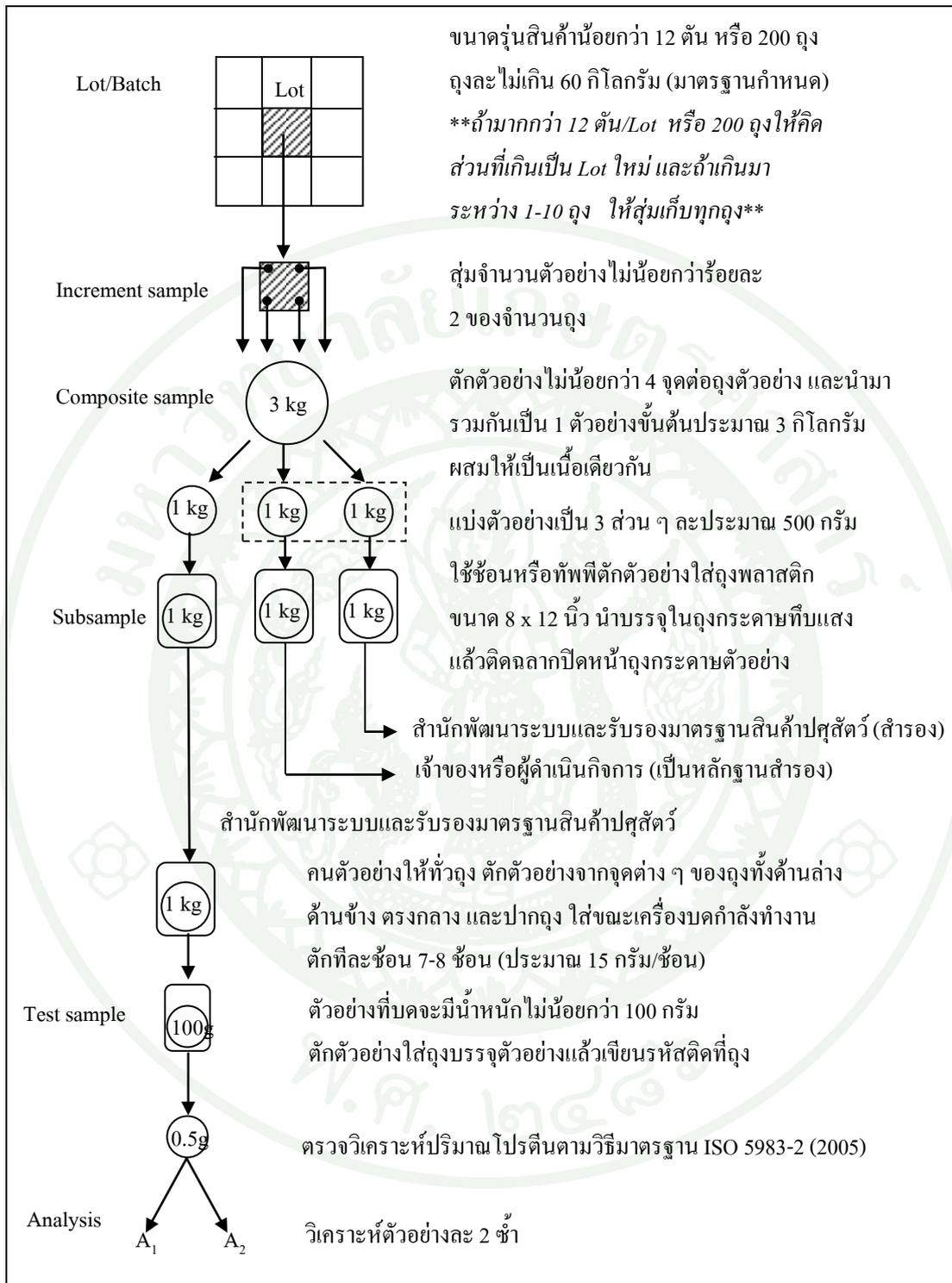
- การตรวจสอบสภาพความเรียบร้อยของภาชนะบรรจุ และสภาพการเก็บรักษาสินค้าภายในคลังสินค้า
- การสุ่มตรวจสอบความถูกต้องของฉลากสินค้า โดยผู้เก็บตัวอย่างต้องพิจารณาขนาด ตำแหน่งการปิด ข้อความในฉลากที่กำหนดให้ต้องระบุอย่างน้อย 8 ข้อ ได้แก่ ชื่ออาหารสัตว์ทางการค้า เครื่องหมายทางการค้า ชื่อผู้ผลิตและสถานที่ผลิต น้ำหนักสุทธิ ชื่อวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสม คุณภาพทางเคมี วัน/เดือน/ปี ที่ผลิต และวัน/เดือน/ปี ที่หมดอายุ รวมถึงวิธีการใช้
- การประมาณจำนวนสินค้าและการกำหนดและปริมาณตัวอย่างที่ต้องเก็บ โดยให้สุ่มเก็บจำนวนถุงตัวอย่างไม่น้อยกว่าร้อยละ 2 ของขนาดรุ้นสินค้า และในแต่ละถุงตัวอย่างให้ทำการตักไม่น้อยกว่า 4 จุดตัวอย่างย่อย นำตัวอย่างย่อยทั้งหมดมารวมกันให้ได้ตัวอย่างขั้นต้น (Primary sample) ประมาณ 3 กิโลกรัม

- การเตรียมตัวอย่างและลดขนาดตัวอย่างขั้นต้นก่อนส่งตัวอย่างย่อยทั้งหมด นำมาผสมรวมกันให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วจึงลดขนาดตัวอย่างที่เก็บ โดยแบ่งตัวอย่างเป็น 3 ส่วน ๆ ละประมาณ 0.5-1 กิโลกรัม อาหารสัตว์ส่วนที่ 1 เก็บไว้ที่โรงงานหรือผู้แทน ส่วนที่ 2 ส่งไปวิเคราะห์ที่สำนักตรวจสอบคุณภาพสินค้าปศุสัตว์ และส่วนที่ 3 ส่งไปสำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้า ปศุสัตว์เพื่อเก็บไว้เป็นหลักฐาน

- การจัดเก็บและระบุรายละเอียดของตัวอย่าง ตักอาหารสัตว์ทั้ง 3 ส่วนใส่ถุง ตัวอย่างที่เตรียมไว้ รีดและปิดปากถุงให้สนิท แล้วบรรจุลงถุงกระดาษทึบแสงเพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพ ระหว่างการขนส่งและการเก็บรักษาก่อนตรวจวิเคราะห์ รายละเอียดของตัวอย่างอาหารสัตว์ที่ต้องระบุ ได้แก่ ชื่อ ประเภท ชนิดของอาหารสัตว์ และระยะเวลาหรือน้ำหนักของสัตว์ที่ใช้ อาหารสัตว์ วัน/เดือน/ปี ที่ผลิตและเก็บตัวอย่าง สถานที่เก็บตัวอย่าง และลายมือชื่อผู้เก็บตัวอย่าง

- การขนส่งตัวอย่างอาหารสัตว์ จะขนส่งไปพร้อมกับรถขนส่งของผู้เก็บ ตัวอย่าง โดยใช้ในการส่งตัวอย่างไปยังสำนักตรวจสอบคุณภาพสินค้าปศุสัตว์ ระยะเวลาดำเนินการ ไม่เกิน 3 วัน

- การจัดเก็บรักษาตัวอย่างก่อนตรวจวิเคราะห์ ต้องเก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง (ประมาณ 25°C) สถานที่เก็บต้องไม่เปียกชื้น ไม่ถูกความร้อน หรือแสงแดดโดยตรง และเป็นห้องปิดสนิทเพื่อป้องกันสัตว์พาหะ เช่น หนู แมลง เข้ามาทำลายตัวอย่าง



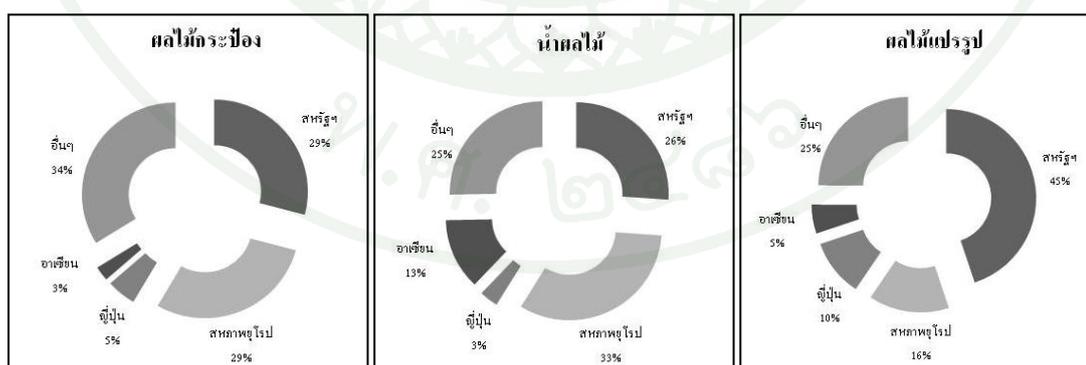
ภาพที่ 3 ขั้นตอนการเก็บ การเตรียม และการวิเคราะห์สินค้าอาหารสัตว์บรรจุถุง/กระสอบ

2. สถานการณ์อุตสาหกรรม และกระบวนการชักตัวอย่างผลไม้กระป๋อง

2.1 สถานการณ์อุตสาหกรรมผลไม้กระป๋อง

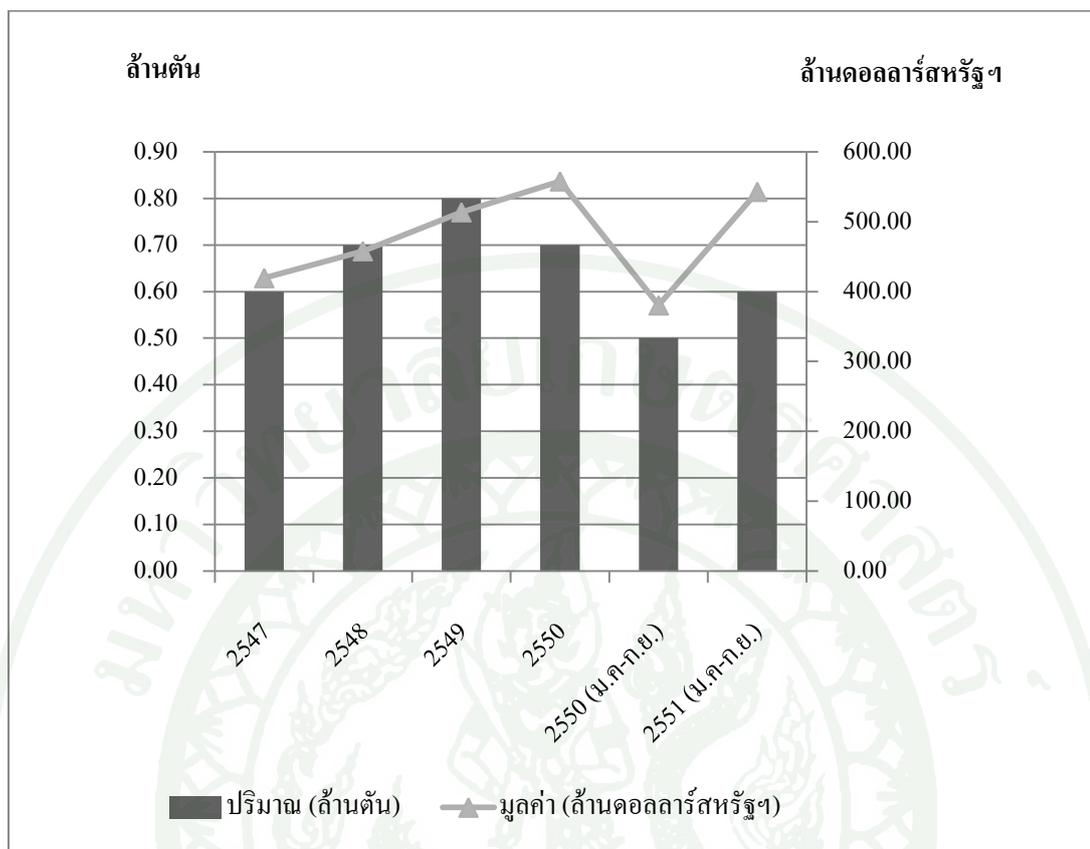
ผลไม้กระป๋องถือว่าเป็นสินค้าเกษตรแปรรูปประเภทหนึ่งที่เป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยที่ประเทศไทยมีสภาพพื้นที่และภูมิอากาศเหมาะแก่การเพาะปลูกผลไม้ชนิดต่าง ๆ ซึ่งนับว่าเป็นปัจจัยสำคัญต่อการผลิตที่ก่อให้เกิดอุตสาหกรรมการแปรรูปขึ้น และเจริญรุดหน้าอย่างรวดเร็วและมีโอกาสขยายตัวได้อีกในอนาคต โดยสินค้าผลไม้กระป๋องและแปรรูป แบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ ผลไม้กระป๋อง น้ำผลไม้ และผลไม้แปรรูป ทั้งนี้ผลไม้กระป๋องที่ไทยส่งออกมากที่สุดเป็นลำดับกระป๋อง ซึ่งมีสัดส่วนส่งออกถึงร้อยละ 70 ของการส่งออกผลไม้กระป๋องทั้งหมด รองลงมา คือ ผลไม้รวมบรรจุกระป๋อง ส่วนน้ำผลไม้ซึ่งไทยส่งออกส่วนใหญ่เป็นน้ำสับปะรด รองลงมา คือ น้ำส้ม น้ำผลไม้ผสม และน้ำผลไม้อื่น ๆ สำหรับผลไม้แปรรูป ไทยส่งออกในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ก๊วยฮอบ มะม่วงฮอบ มะพร้าวฮอบ สับปะรดกวน เป็นต้น

สถานการณ์ปี 2551 (ม.ค.-ก.ย.) การส่งออกสินค้าผลไม้กระป๋องและแปรรูปขยายตัวทั้งปริมาณและมูลค่า โดยมีปริมาณ 0.9 ล้านตัน มูลค่า 1,025.0 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ เติบโตจากช่วงเดียวกันในปีก่อนร้อยละ 12.5 และร้อยละ 30.1 ตามลำดับ โดยมีตลาดส่งออกหลัก คือ ตลาดสหรัฐฯ สัดส่วนร้อยละ 32.7 รองลงมาเป็น ตลาดสหภาพยุโรป ร้อยละ 26.0 ตลาดญี่ปุ่นร้อยละ 6.1 ตลาดอาเซียนร้อยละ 5.3 และตลาดอื่น ๆ ร้อยละ 29.9 (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2551)



ภาพที่ 4 สัดส่วนมูลค่าส่งออกผลไม้กระป๋องและแปรรูปของไทยปี 2551 (ม.ค.-ก.ย.)

ที่มา: ศูนย์วิจัยกสิกรไทย (2551)



ภาพที่ 5 ปริมาณและมูลค่าส่งออกผลไม้กระป๋องและแปรรูป ปี 2547-2551 (ม.ค.-ก.ย.)

ที่มา: ศูนย์วิจัยกสิกรรมไทย (2551)

2.2 กระบวนการชักตัวอย่างผลไม้กระป๋อง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2531)

การเก็บตัวอย่างผลไม้กระป๋อง มีกระบวนการชักตัวอย่างตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.51-2530: สับปะรดกระป๋อง) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.2.1 เกณฑ์การสุ่มตัวอย่างอาหารกระป๋องและเกณฑ์การตัดสิน

การสุ่มตัวอย่างและเกณฑ์การตัดสินของอาหารกระป๋องสำหรับการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาหรือทางเคมี การตรวจสอบปริมาณ เครื่องหมาย และฉลาก โดยกำหนดวิธีการสุ่ม

เก็บให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างดังตารางที่ 2 ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดบรรจุ และจำนวนกระป๋องที่ผลิตหรือส่งมอบในแต่ละรุ่น

ตารางที่ 2 แผนการสุ่มตัวอย่างอาหารกระป๋อง: น้ำหนักสุทธิน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 กิโลกรัม

ขนาดรุ่น (กระป๋อง)	จำนวนตัวอย่าง (n)
1 – 4,800	6
4,801 – 24,000	13
24,001 – 48,000	21
48,001 – 84,000	29
84,001 – 144,000	48
144,001 – 240,000	84
มากกว่า 240,000	126

หมายเหตุ ตัวอย่างอาหารกระป๋องที่สุ่มเก็บต้องมีรหัสสินค้า (Production code) เดียวกัน

ที่มา: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2531)

2.2.2 ขั้นตอนปฏิบัติในการเก็บตัวอย่างอาหารกระป๋อง

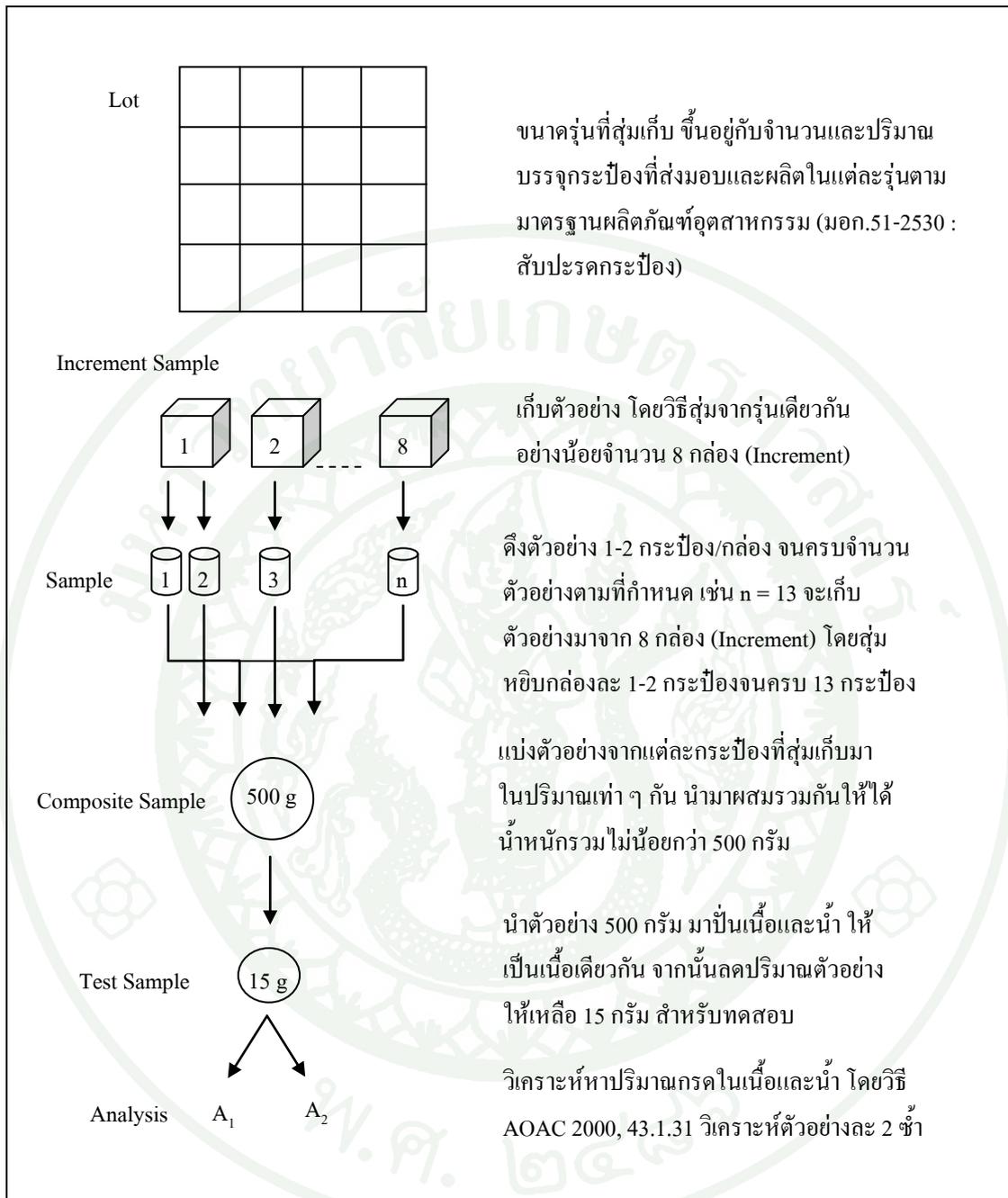
ก่อนการเก็บตัวอย่าง ควรพิจารณาวัตถุประสงค์ของการตรวจสอบ ว่าต้องการเก็บเพื่อตรวจสอบปริมาณ เครื่องหมาย ฉลาก หรือตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาและทางเคมี ซึ่งมีขั้นตอนการปฏิบัติงาน ดังนี้

- การเก็บตัวอย่าง โดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน 8 หน่วยภาชนะบรรจุ แล้วสุ่มเก็บภาชนะย่อยอีกครั้งจากภาชนะบรรจุรวมให้ได้จำนวนตามที่กำหนดในตารางที่ 4 นำตัวอย่างทั้งหมดไปตรวจสอบเครื่องหมายและฉลากก่อน แล้วจึงตรวจปริมาณ และคุณลักษณะทางจุลชีววิทยาหรือทางเคมี

- การระบุตัวอย่าง ตัวอย่างที่นำส่งวิเคราะห์จะต้องมีรหัสตัวอย่าง หรือระบุชนิดสินค้า สถานที่เก็บตัวอย่าง วัน/เดือน/ปี ที่เก็บตัวอย่าง และชนิดของสารที่ต้องการวิเคราะห์ แสดงไว้ชัดเจนที่ใบนำส่งตัวอย่าง หรือบันทึกลงกระป๋องตัวอย่าง ซึ่งเขียนด้วยหมึกกันน้ำได้ รวมถึงแสดงชื่อผู้เก็บ หรือหน่วยงานที่นำส่ง

- การเก็บรักษาตัวอย่างระหว่างการนำส่งวิเคราะห์ รวบรวมตัวอย่างที่เก็บบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกปิดฝากล่องให้เรียบร้อย หรือใส่ในถุงพลาสติกชนิดหนาแล้วปิดปากถุงให้นำส่งตัวอย่างทันทีหลังจากการสุ่มเก็บ แล้วขนส่งโดยรถยนต์ หรือส่งทางไปรษณีย์ ไปยังห้องปฏิบัติการทดสอบ

- การเตรียมตัวอย่างก่อนตรวจวิเคราะห์ ให้แบ่งตัวอย่างจากแต่ละกระป๋องที่สุ่มเก็บมาในปริมาณเท่า ๆ กัน นำมาผสมรวมกันให้ได้น้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า 500 กรัม เป็นตัวอย่างสำหรับตรวจวิเคราะห์ ซึ่งเป็นตัวแทนในการบ่งชี้ระดับคุณภาพของรูนสินค้านั้น



ภาพที่ 6 ขั้นตอนการเก็บ การเตรียม และการวิเคราะห์ผลไม้วรวมในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง

จากข้อมูลอุตสาหกรรมของสินค้าเกษตรและอาหารของไทยทั้ง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มอาหารสัตว์และกลุ่มผลไม้กระป๋อง ซึ่งมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ และเป็นสินค้าที่มีแนวโน้มการส่งออกสูง เพื่อสร้างความเชื่อมั่นในสินค้าแก่ลูกค้า จึงมีความจำเป็นต้องมีการตรวจสอบด้วยกระบวนการชักตัวอย่างที่มีการปฏิบัติงานเป็นประจำในปัจจุบัน เพื่อให้ได้ตัวอย่างซึ่งเป็นตัวแทนที่ดีของรุ้นสินค้าที่

จะนำไปวัด และนำผลจากการวัดไปสรุปคุณลักษณะของสินค้าในรุ่น โดยกำหนดพารามิเตอร์ที่จะทำการตรวจวัดในสินค้า คือ ปริมาณโปรตีนในน้ำหนักแห้งของอาหารไก่ชนิดเม็ด และปริมาณกรดในน้ำและเนื้อของผลไม้รวมบรรจุกระป๋อง ซึ่งในงานการกำกับมาตรฐานสินค้าได้กำหนดให้มีการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวในสินค้าทั้งสองชนิดนี้อยู่แล้ว จึงใช้เลือกใช้เป็นสินค้ากรณีศึกษาในครั้งนี้เพื่อประมาณค่าความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่าง และสรุปความเหมาะสมของวิธีการชักตัวอย่างสินค้า (Fit of use) ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับระบบการวัดและการประกันคุณภาพ

1. ความสำคัญของระบบการวัดต่อการประกันคุณภาพ

ภายใต้กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมสินค้าเกษตรและอาหาร ที่มีระบบการควบคุมคุณภาพกระบวนการผลิตและควบคุมคุณภาพสินค้า รวมถึงมีการตรวจสอบคุณภาพของสินค้าก่อนส่งมอบให้แก่ลูกค้า ในกระบวนการดังกล่าวต้องมีการวัดแทรกอยู่ด้วยเสมอ ผลการวัดจึงมีความสำคัญมากต่อการตัดสินใจเพื่อสรุปคุณภาพการผลิตและคุณภาพสินค้า ดังนั้น จึงจำเป็นต้องดำเนินการควบคุมและประกันคุณภาพในแต่ละกระบวนการที่เกิดขึ้นในการวัด เพื่อให้มั่นใจว่าผลการวัดที่ได้มามีความแม่นยำและน่าเชื่อถือ ที่ส่งผลต่อความมั่นใจในการสรุประดับคุณภาพของสินค้าได้

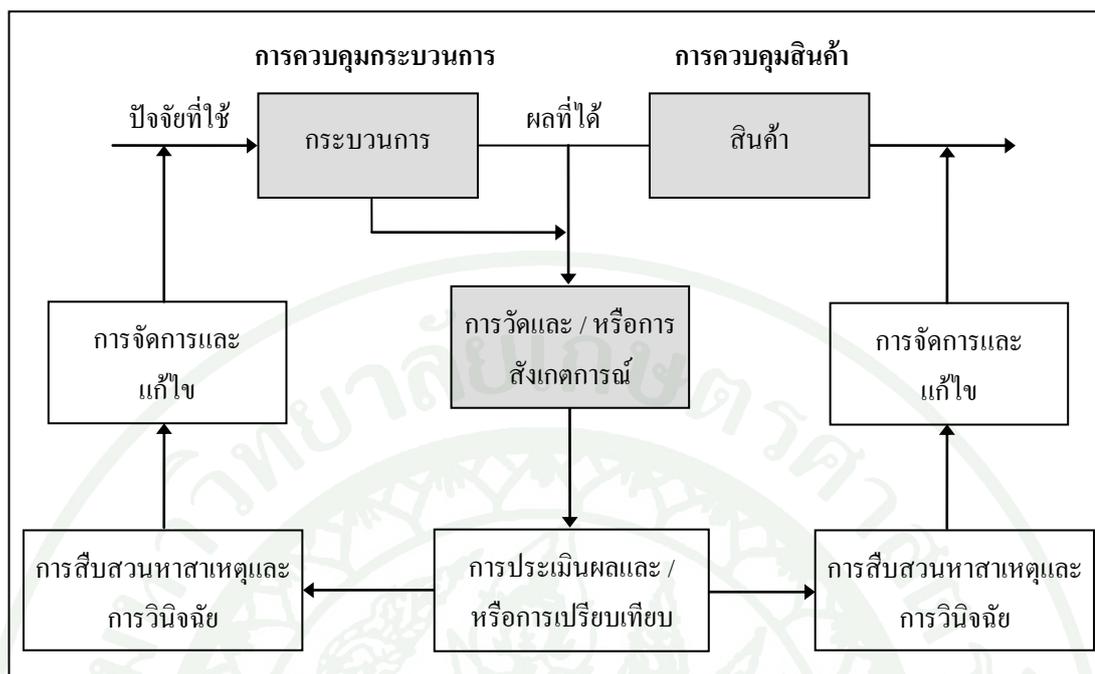
1.1 นิยามของระบบการวัด

นิยามที่เกี่ยวกับการวัดนี้ มีนักวิชาการและองค์กรจำนวนมากได้ให้ความหมายเพื่อให้เกิดความเข้าใจและครอบคลุม เช่น Farnum N.R. อ้างถึงนิยามของ Eisenhart (1963) ว่า การวัดหมายถึง การกำหนดค่าตัวเลขให้แก่วัตถุ เพื่อแสดงถึงความสัมพันธ์ที่เป็นจริงของวัตถุดังกล่าวด้วยคุณสมบัติเฉพาะที่กำหนด ซึ่งอาจจะเป็นลักษณะสมบัติทางกายภาพ เคมี หรือจุลชีววิทยา เป็นต้น และมาตรฐาน ISO 10012-1 ได้ให้นิยามความหมายของการวัดว่า หมายถึง ชุดของการปฏิบัติการที่มีจุดประสงค์ เพื่อพิจารณาค่าของปริมาณที่วัดได้สิ่งหนึ่ง และเรียกปริมาณใด ๆ ที่ได้รับการนำมาวัดนี้ว่า สิ่งที่ได้รับการวัด (Measurand) ดังนั้น นิยามของระบบการวัด (Measurement system) หมายถึง กระบวนการ หรือขั้นตอนที่ประกอบด้วย มาตรฐาน การปฏิบัติงาน วิธีการ อุปกรณ์ บุคลากร สิ่งแวดล้อม และข้อสมมติฐานต่าง ๆ ที่ใช้ในการกำหนดปริมาณหน่วยของสิ่งที่ทำการวัดหรือประเมินคุณลักษณะของสิ่งที่ได้รับการวัด (กิตติศักดิ์, 2549)

จากนิยามข้างต้น เนื่องจากองค์ประกอบของระบบการวัดดังกล่าวจะมีความผิดพลาดเกิดขึ้น เริ่มต้นตั้งแต่วิธีการเพื่อให้ได้มาซึ่งสิ่งตัวอย่าง จนถึงวิธีการวิเคราะห์เพื่อประเมินคุณลักษณะของสิ่งตัวอย่าง แต่ละขั้นตอนดังกล่าวล้วนมีผลต่อความคลาดเคลื่อนในระบบการวัด ดังนั้น ในการวัดเพื่อการประกันคุณภาพ จึงมีความจำเป็นต้องดำเนินการควบคุมแต่ละขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการวัด เพื่อให้ได้ข้อมูลที่คงที่ (Consistency) สามารถนำไปสู่ความเชื่อมั่นของการตัดสินใจคุณภาพรุ่นสินค้า

1.2 บทบาทของระบบการวัดต่อการประกันคุณภาพ

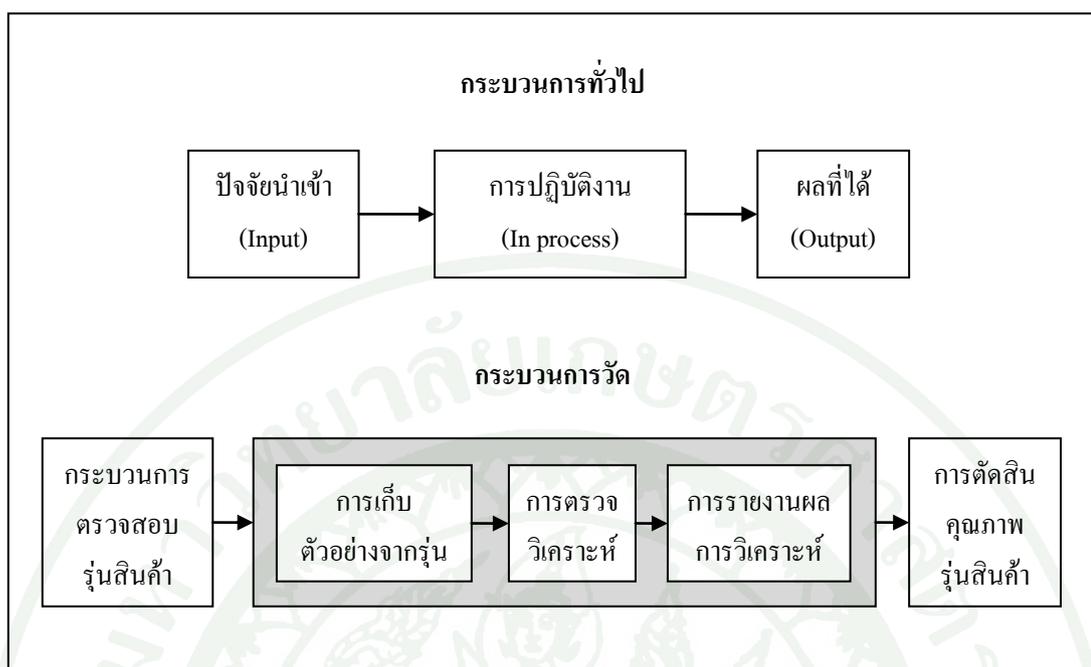
ในกระบวนการตรวจสอบเพื่อการควบคุมคุณภาพจะมีระบบการวัดเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งมีความสำคัญมากต่อการตรวจจับความผิดปกติของกระบวนการตลอดจนความบกพร่องของสินค้า ข้อมูลที่ได้จากระบบการวัดจึงมีโอกาสดังกล่าวทำให้เกิดความผิดพลาดในการตัดสินใจทั้งการควบคุมสินค้าและการควบคุมกระบวนการ ซึ่งการดำเนินการตัดสินใจเพื่อการประกันคุณภาพ ใช้การควบคุมสินค้าซึ่งประสิทธิภาพการดำเนินการของการควบคุมกระบวนการ โดยการควบคุมสินค้าจะนำการรายงานผลระดับคุณภาพของกระบวนการที่ได้จากการตรวจสอบขั้นตอนต่าง ๆ จากนั้นนำมาประเมินผลและเปรียบเทียบกับข้อกำหนดเฉพาะ เพื่อชี้บ่งข้อบกพร่อง แล้วดำเนินการจัดการกับสินค้าบกพร่องตามความเหมาะสม อาทิ การนำกลับมาผลิตใหม่ การทำลาย การจัดเกรดให้ต่ำลง เป็นต้น แล้วดำเนินการวิเคราะห์สาเหตุของข้อบกพร่องของสินค้า เนื่องจากกระบวนการและดำเนินการปฏิบัติเพื่อการแก้ไข (Corrective action) กับสาเหตุที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่องเพื่อป้องกันการเกิดซ้ำ รวมถึงการดำเนินการปฏิบัติที่ป้องกัน (Potential cause) เพื่อป้องกันการเกิดข้อบกพร่อง สำหรับการควบคุมกระบวนการ จะเป็นการวิเคราะห์หาสาเหตุผิดปกติที่ทำให้เกิดภาวะออกนอกการควบคุมแล้วกำหนดให้อยู่ในรูปของแผนการแก้ไขและป้องกันเมื่อเกิดภาวะออกนอกการควบคุม (Out of control Corrective Action Plan; OCAP) (กิตติศักดิ์, 2549) แสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 บทบาทของการวัดต่อการควบคุมกระบวนการและการควบคุมสินค้า

ที่มา: กิติศักดิ์ (2549)

จากภาพที่ 7 การควบคุมกระบวนการและการควบคุมสินค้า ต้องอาศัยการตัดสินใจ จากข้อมูลที่ได้จากการวัดผ่านกิจกรรมการตรวจสอบ (Inspection) คือ การใช้เครื่องมือวัดในการ กำหนดค่าของสินค้าขั้นสำเร็จรูป ส่วนประกอบของสินค้าระหว่างการผลิต รวมถึงวัตถุดิบ เพื่อ พิจารณาข้อมูลที่ได้ว่ามีผลเป็นไปตามมาตรฐานหรือไม่ ดังนั้น อาจพิจารณาการวัดนี้ให้อยู่ในรูป ของกระบวนการตรวจสอบสินค้า เช่นเดียวกับกระบวนการทั่วไปดังแสดงในรูปที่ 8



ภาพที่ 8 แสดงกระบวนการวัดในรูปของกระบวนการตรวจสอบรุ่งสินค้า

ที่มา: คัดแปลงจาก กิตติศักดิ์ (2549)

จากภาพที่ 8 จะพบว่า การสรุปผลการตัดสินคุณภาพรุ่งสินค้า โดยอาศัยข้อมูลที่วัดได้จากกระบวนการตรวจสอบรุ่งสินค้า สามารถสรุปได้ 3 ขั้นตอนหลัก คือ

1.2.1 ขั้นตอนการสุ่มและการเตรียมตัวอย่างเพื่อนำส่งห้องปฏิบัติการ ซึ่งเรียกว่าวิธีการชักตัวอย่าง (Sampling) เป็นกระบวนการตั้งแต่การสุ่มตัวอย่างจากรุ่น การบดลดขนาดซึ่งได้จากตัวอย่างขั้นต้น การผสมตัวอย่างขั้นต้นให้เป็นเนื้อเดียวกัน การแบ่งและการเตรียมตัวอย่างเพื่อนำส่งห้องปฏิบัติการ การจัดเก็บรักษาตัวอย่าง และการขนส่งสู่ห้องปฏิบัติการ

1.2.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ตัวอย่าง ประกอบด้วย กระบวนการเตรียมตัวอย่างหรือสกัดก่อนการนำไปวิเคราะห์ วิธีการวิเคราะห์ที่เลือก การวัดค่าวิเคราะห์ และการรายงานผลวิเคราะห์ ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวมีปัจจัยที่ก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนของค่าวิเคราะห์ เช่น ปัจจัยของวิธีการวิเคราะห์ที่เลือกใช้ (Analysis method) และ ปัจจัยของความชำนาญของเจ้าหน้าที่วิเคราะห์

1.2.3 ขั้นตอนการรายงานผลทดสอบ และเทียบกับแผนการชักตัวอย่าง (Sampling plan) ซึ่งระบุขนาดตัวอย่างและเกณฑ์การตัดสิน การยอมรับรุ่นสินค้าจากผลการตรวจตัวอย่าง เพื่อให้เกิดความยุติธรรมในการตั้งเกณฑ์การตัดสิน หลักทฤษฎีเรื่องความน่าจะเป็น (Probability) ถูกนำมาใช้ในการกำหนดเกณฑ์การตัดสินยอมรับคุณภาพรุ่นสินค้า ที่ระบุในแผนการชักตัวอย่าง

จากขั้นตอนทั้ง 3 คือ ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างจากรุ่นสินค้า ขั้นตอนการตรวจวิเคราะห์ ตัวอย่าง และขั้นตอนการรายงานผลการวิเคราะห์ แต่ละขั้นตอนอาจเกิดความผิดพลาดขึ้นได้เสมอ ซึ่งส่งผลกระทบต่อความเคลื่อนไหวในกระบวนการวัด และนำไปสู่ความเชื่อมั่นของการตัดสินคุณภาพรุ่นสินค้า ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการควบคุมกระบวนการวัด โดยคำนึงถึงปัจจัยความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของการวัด ได้แก่ ปัจจัยการเก็บตัวอย่างเพื่อใช้เป็นตัวแทนที่ดีของรุ่นสินค้า ปัจจัยคุณภาพวิธีการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการทดสอบ และปัจจัยคุณภาพของผลการวิเคราะห์ การพิจารณาถึงปัจจัยดังกล่าวเพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการควบคุมคุณภาพของกระบวนการเก็บ และการวิเคราะห์ตัวอย่างต่อไป

1.3 การควบคุมคุณภาพของข้อมูลวิเคราะห์

การตัดสินสรุปคุณภาพรุ่นสินค้า ต้องใช้ข้อมูลที่ได้จากการวัด ซึ่งอาจจะมีการตัดสินผิดพลาดที่มีสาเหตุมาจากความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในกระบวนการวัด จึงจำเป็นต้องมีการควบคุมคุณภาพของกระบวนการวัด โดยแบ่งลักษณะงานการควบคุมคุณภาพได้เป็น 2 ส่วนสำคัญ คือ

1.3.1 การควบคุมคุณภาพของกระบวนการชักตัวอย่าง (Sampling quality control) เป็นการควบคุมแต่ละขั้นตอนในกระบวนการชักตัวอย่าง เพื่อให้ได้ตัวอย่างซึ่งเป็นตัวแทนที่ดีของรุ่นสินค้าที่จะนำไปวัดค่า โดยการทดสอบความใช้ได้ของกระบวนการชักตัวอย่างที่กำหนดขึ้นมาใช้งานภายในหน่วยงาน (Validation within a single organize) เพื่อระบุความเหมาะสมของกระบวนการกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ และการควบคุมคุณภาพของกระบวนการชักตัวอย่าง (Sampling quality control) เพื่อตรวจสอบคุณภาพความสม่ำเสมอของกระบวนการ เมื่อระยะเวลาเปลี่ยนแปลงไป หรือเมื่อเปลี่ยนชนิดสินค้า

1.3.2 การควบคุมคุณภาพของกระบวนการวิเคราะห์ (Analytical quality control) เป็นการควบคุมคุณภาพวิธีการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการทดสอบ เพื่อให้ได้ผลวิเคราะห์ที่น่าเชื่อถือ ซึ่งต้องดำเนินการควบคุมคุณภาพภายในห้องปฏิบัติการ ซึ่งประกอบด้วย การควบคุมความ

สม่ำเสมอของการเตรียมและการวิเคราะห์ตัวอย่าง โดยการตรวจสอบเบลงค์ (Blank check) การวิเคราะห์การกลับคืนของสารที่ทราบปริมาณ (Recovery of know addition) การวิเคราะห์สารมาตรฐานสำหรับตรวจสอบกราฟมาตรฐาน (Calibration check standard) การวิเคราะห์ซ้ำ (Duplicates) แผนภูมิควบคุม (Control chart) รวมทั้งการควบคุมคุณภาพภายนอกเพื่อหาคุณภาพของข้อมูลจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ จากการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระหว่างห้องปฏิบัติการ

คุณภาพของกระบวนการชักตัวอย่าง และการวิเคราะห์ สามารถแสดงได้ด้วยการประมาณค่าความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่าง (Sampling uncertainty) และค่าความไม่แน่นอนจากการวิเคราะห์ (Analysis uncertainty) ด้วยการใช้หลักการคำนวณทางสถิติ คือ ค่าสถิติพิสัย (Statistic range) ค่าความไม่แน่นอนที่ประมาณได้นี้ จะเป็นข้อมูลประกอบการรายงานค่าความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นในกระบวนการวัด ซึ่งแสดงถึงความน่าเชื่อถือของการตัดสินใจคุณภาพรุ่นสินค้า

1.4 ความไม่แน่นอนของการวัด (Measurement uncertainty)

จุดประสงค์หลักของการวัด คือ การแสดงข้อมูลตัวเลขเพื่อใช้ในการตัดสินใจคุณภาพรุ่นสินค้า ความน่าเชื่อถือของผลการตัดสินใจคุณภาพรุ่นสินค้าขึ้นอยู่กับข้อมูลค่าความไม่แน่นอน ซึ่งการหาค่าความไม่แน่นอนของการวัด เป็นข้อกำหนดหนึ่งในระบบสากลของมาตรฐานห้องปฏิบัติการทดสอบและห้องปฏิบัติการสอบเทียบ ISO/IEC 17025 (EURACHEM, 2000) ที่กำหนดให้รายงานผลการทดสอบ โดยแสดงค่าจริงที่ได้จากการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างกับค่าความไม่แน่นอนรวมที่เกิดขึ้น ดังสมการ

$$X = x \pm U \quad (1)$$

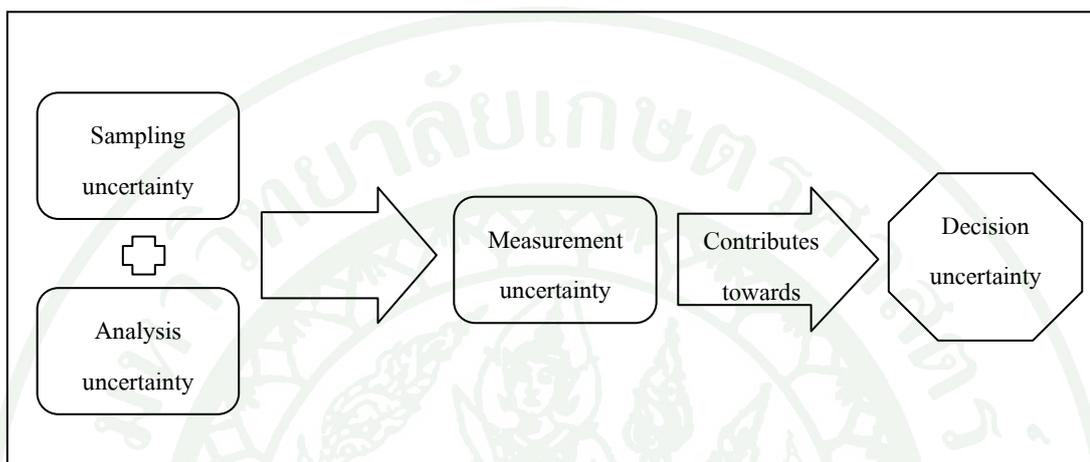
โดยที่ X คือ ผลการทดสอบตัวอย่าง (Result)

x คือ ค่าที่ได้จากการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่าง (Measurement value)

U คือ ค่าความไม่แน่นอนรวมของการวัด (Expanded uncertainty)

ค่าความไม่แน่นอนรวมที่เกิดขึ้นดังกล่าว (U) เกิดจากความคลาดเคลื่อนในกระบวนการวัด ซึ่งแหล่งความไม่แน่นอนที่ส่งผลต่อขนาดของความไม่แน่นอนรวมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการวัด ซึ่งมีองค์ประกอบจาก 2 แหล่งหลัก คือ ความคลาดเคลื่อนของกระบวนการ

ชักตัวอย่าง (Sampling procedure) ที่แสดงถึงการได้มาซึ่งตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของรุ่นสินค้าที่จะนำไปวิเคราะห์ และความคลาดเคลื่อนของกระบวนการวิเคราะห์ (Analysis procedure) ที่แสดงถึงวิธีและความชำนาญของการตรวจวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ในตัวอย่าง ทั้ง 2 แหล่งความไม่แน่นอนจะส่งผลต่อการตัดสินใจรุ่นสินค้าผิดพลาด (Decision uncertainty) แสดงความสัมพันธ์ได้ภาพที่ 9



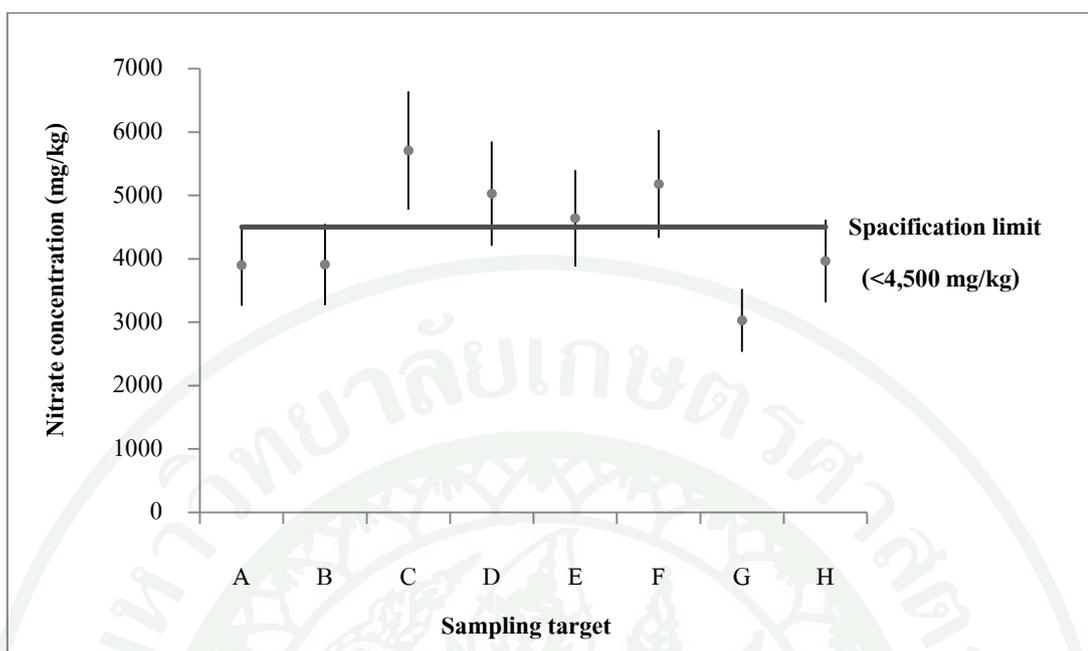
ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ของความไม่แน่นอนและขั้นตอนการตัดสินใจ

ที่มา: ดัดแปลงจาก NT TECHNICAL REPORT 604 (2007)

1.5 การตัดสินใจความเหมาะสมของกระบวนการวัด (Fit of use)

ความเชื่อมั่นในผลการวัด เพื่อใช้ในการตัดสินใจยอมรับคุณภาพรุ่นสินค้า ขึ้นอยู่กับขนาดค่าความไม่แน่นอนรวมที่เกิดขึ้นในกระบวนการวัดทั้งหมด การชี้แจงความเหมาะสมของกระบวนการวัดว่ามีความใช้ได้หรือไม่ โดยพิจารณาจาก 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยระดับของสินค้าในอุตสาหกรรมปัจจุบันรวมกับค่าความไม่แน่นอนของการวัด เทียบกับปัจจัยเกณฑ์ค่าควบคุมของสินค้า (Specification limit)

พิจารณาตัวอย่างการตัดสินใจความเหมาะสมของกระบวนการวัด จากการวัดความเข้มข้นของไนเตรทในผักกาดหอม ตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ทดสอบเป็นตัวอย่างรวม (Composite sample) จำนวน 8 รุ่นการผลิต เปรียบเทียบกับเกณฑ์ควบคุมความเข้มข้นของไนเตรทต้องไม่เกินระดับสูงสุดที่กำหนด (4,500 mg/kg) และรายงานผลการวิเคราะห์ร่วมกับค่าความไม่แน่นอนที่ประมาณได้ (16.4% ของผลการวิเคราะห์) แสดงตัวอย่างดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ผลการวิเคราะห์และค่าความไม่แน่นอนของการวัดค่าไนเตรทในผักกาด

ที่มา: คัดแปลงจาก EURACHEM (2007)

จากภาพที่ 10 ในการตัดสินใจว่ารุ่นการผลิตมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับหรือไม่ สามารถพิจารณาได้จากค่าเฉลี่ยไนเตรทรวมกับค่าความไม่แน่นอนที่ประมาณได้ เทียบกับเกณฑ์ควบคุม ยกตัวอย่างเช่น รุ่นการผลิต G มีค่าเฉลี่ยไนเตรทประมาณ 3,028 mg/kg เมื่อรวมค่าความไม่แน่นอน 16.4% ของค่าเฉลี่ย จะได้ค่าวัดที่เป็นไปได้ประมาณ 2,531-3,525 mg/kg เมื่อเทียบกับเกณฑ์ควบคุม ที่ระดับ 4,500 mg/kg พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในขอบเขตเกณฑ์ควบคุม ดังนั้น รุ่นการผลิต G มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ เช่นเดียวกับรุ่นการผลิต A B และ H ซึ่งมีระดับค่าเฉลี่ยไม่เกินเกณฑ์ค่าควบคุม ในขณะที่รุ่นการผลิต C D E และ F มีระดับค่าเฉลี่ยเกินเกณฑ์ค่าควบคุม เมื่อรวมค่าความไม่แน่นอนที่ประมาณได้ พบว่ามีโอกาสปฏิเสธรุ่นสินค้า ซึ่งความไม่แน่นอนของการตัดสินใจคุณภาพรุ่นสินค้า ทำให้เกิดการตัดสินใจผิดพลาด เป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภค และการลงทุนเพิ่มสูงขึ้น

ค่าความไม่แน่นอนรวมที่ประมาณได้ สามารถชี้บ่งความเหมาะสมของกระบวนการวัดค่าที่ใช้ในปัจจุบันได้ ในกรณีที่พบค่าเฉลี่ยคุณภาพของสินค้า มีระดับใกล้เคียงกับเกณฑ์ค่าควบคุม เมื่อรวมค่าความไม่แน่นอนที่มีระดับสูง จะทำให้เกิดความไม่ชัดเจนในการตัดสินใจคุณภาพรุ่นสินค้า

และอาจสรุปว่ากระบวนการวัดค่าดังกล่าวไม่มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน ซึ่งแนวทางการปรับลดค่าความไม่แน่นอนทำได้โดยการปรับปรุงระบบคุณภาพของกระบวนการวัด ตั้งแต่ปรับวิธีการชักตัวอย่าง เช่น การเพิ่มจำนวนเก็บตัวอย่าง การเพิ่มปริมาณตัวอย่างที่จะส่งให้ห้องปฏิบัติการ และการปรับปรุงระบบคุณภาพการวิเคราะห์ รวมถึงฝึกอบรมบุคลากรให้มีประสิทธิภาพ เพื่อให้ได้ผลวิเคราะห์ที่ถูกต้อง และนำไปสู่ความเชื่อมั่นในผลการตัดสินใจยอมรับคุณภาพรุ่นสินค้า

เมื่อพิจารณาถึงแหล่งความไม่แน่นอน 2 แหล่ง คือ ความไม่แน่นอนจากกระบวนการชักตัวอย่าง และความไม่แน่นอนจากกระบวนการวิเคราะห์ พบว่าในปัจจุบัน ประเด็นการวิเคราะห์ มีระบบการควบคุมผลวิเคราะห์ด้วยการประกันคุณภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ เช่น การรับรองมาตรฐานห้องปฏิบัติการทดสอบ และสอบเทียบตามระบบ ISO/IEC 17025 ซึ่งกำหนดให้มีการวัดความสามารถในการวัดซ้ำ และทำซ้ำ (Gage Repeatability and Reproducibility; GR&R) ของระบบการวัด โดยการทดสอบความชำนาญ (Proficiency Test; PT) ระหว่างห้องปฏิบัติการ ส่วนปัจจัยวิธีการชักตัวอย่าง รวมถึงคุณลักษณะของตัวสินค้า เป็นค่าที่แสดงความคลาดเคลื่อนในการสุ่มเก็บ การเตรียม การขนส่ง และการเก็บรักษาตัวอย่าง ยังไม่มีระบบกลไกการควบคุมใด ๆ ความไม่แน่นอนจากกระบวนการชักตัวอย่างจึงเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ในค่าความไม่แน่นอนของกระบวนการวัด ดังนั้น การสั่งให้รายงานผลวิเคราะห์พร้อมค่าความไม่แน่นอนในการวัด จึงจำเป็นต้องทราบปริมาณค่าความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่าง เพื่อให้เกิดการควบคุมคุณภาพของงานการชักตัวอย่างในทำนองเดียวกันกับการควบคุมค่าความไม่แน่นอนจากการวิเคราะห์ เพื่อสร้างความเชื่อมั่นในผลวิเคราะห์และการตัดสินใจคุณภาพรุ่นสินค้า

หลักการประกันคุณภาพวิธีการชักตัวอย่าง

การประกันคุณภาพ (Quality Assurance: QA) จัดเป็นระบบที่มีความจำเป็นต่ออุตสาหกรรมสินค้าเกษตรและอาหาร เพราะทำให้ลูกค้าเกิดความเชื่อมั่นในสินค้าขององค์กร จึงส่งผลให้ธุรกิจมีผลตอบแทนเพิ่มสูงขึ้นและดำรงอยู่รอดได้ โดยการประกันคุณภาพ เป็นการดำเนินการที่มุ่งเน้นให้กระบวนการผลิตสามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพจนทำให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีคุณภาพตามที่มาตรฐานหรือข้อกำหนดระบุไว้ ซึ่งกิจกรรมหนึ่งตามหลักการประกันคุณภาพ คือกระบวนการตรวจสอบและการตัดสินใจคุณภาพของสินค้า เนื่องจากกระบวนการดังกล่าวจะมีการวัดและวิเคราะห์แทรกอยู่ด้วยเสมอ จึงมีการทำประกันคุณภาพการวัดและวิเคราะห์ แต่ในการดำเนินการวิเคราะห์ต้องอาศัยตัวอย่างซึ่งมาจากการสุ่มเก็บตัวอย่างในรุ่นสินค้าที่จะนำไปวัดค่าที่ต้องการทราบ เพื่อให้ได้ตัวอย่างซึ่งเป็นตัวแทนที่ดีของรุ่นสินค้า จึงมีการนำแนวคิดของ

ระบบประกันคุณภาพมาใช้ในกระบวนการซักร้อย่าง เพื่อให้เป็นไปในแนวทางเดียวกับการประกันคุณภาพการวัดและการวิเคราะห์ ด้วยความสำคัญของการซักร้อย่างดังกล่าว จึงมีการเสนอแนวทางการสร้างวิธีการซักร้อย่างตามหลักประกันคุณภาพดังแสดงในเอกสาร Nordtest Handbook (2007) มีรายละเอียดระบุ ดังนี้

1. นิยามของการประกันคุณภาพวิธีการซักร้อย่าง

Gryna (2001) ได้ให้แนวคิดสำคัญของการประกันคุณภาพ (Quality Assurance) ไว้ว่า เป็นการดำเนินกิจกรรมเพื่อการป้องกันปัญหาต่าง ๆ โดยผ่านระบบการเตือนไว้ล่วงหน้า การเตือนล่วงหน้านี้เป็นกลไกสำคัญต่อการป้องกันปัญหาคุณภาพที่จะเกิดขึ้นกับลูกค้าภายในและภายนอก นอกจากนี้แล้ว ISO 8402 (1994) ยังได้นิยามความหมายของการประกันคุณภาพไว้ว่า เป็นการวางแผนและจัดกิจกรรมอย่างมีระบบที่นำมาใช้ในระบบคุณภาพ และสามารถแสดงผลได้ตามที่กำหนด เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าผลิตภัณฑ์ กระบวนการ และระบบ จะตอบสนองต่อความต้องการด้านคุณภาพอย่างครบถ้วน (กิตติศักดิ์, 2549)

ในการนิยามความหมายของการประกันคุณภาพวิธีการซักร้อย่าง (Quality assurance in sampling) หมายถึง การกำหนดและการควบคุมขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง เพื่อการได้มาซึ่งตัวแทนที่ดีของรุ่นสินค้าที่ต้องการตรวจวิเคราะห์ และนำไปสู่ความเชื่อมั่นในการสรุปคุณภาพสินค้าจากผลการสุ่มเก็บตัวอย่างและตรวจวิเคราะห์ (Acceptance sampling)

2. ข้อกำหนดของการประกันคุณภาพในการซักร้อย่าง

ระบบ ISO/IEC 17025: 1999 ซึ่งเป็นข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและห้องปฏิบัติการสอบเทียบ ได้ระบุเงื่อนไขในเรื่องการซักร้อย่าง และการจัดการกับตัวอย่าง ซึ่งมีเนื้อความสำคัญ (อัจฉรา, 2548) ดังนี้

2.1 การซักร้อย่าง (Sampling)

2.1.1 ห้องปฏิบัติการต้องมีแผนการซักร้อย่าง และวิธีการซักร้อย่าง ซึ่งต้องจัดให้มีไว้ใช้ ณ สถานที่ซึ่งทำการซักร้อย่าง กรณีที่ห้องปฏิบัติการดำเนินกิจกรรมซักร้อย่าง แผนการซักร้อย่าง

ตัวอย่างควรวิธีการทางสถิติที่เหมาะสม กระบวนการชักตัวอย่างต้องระบุปัจจัยที่ต้องควบคุม เพื่อให้มั่นใจว่าผลวิเคราะห์หรือสอบเทียบจะนำไปใช้ประโยชน์ได้

2.1.2 เมื่อลูกค้ามีความต้องการที่เพิ่มเติม หรือไม่ใช้วิธีการชักตัวอย่างตามเอกสาร ขั้นตอนการชักตัวอย่างของห้องปฏิบัติการที่กำหนด จะต้องมีการบันทึกไว้พร้อมข้อมูลเกี่ยวกับการชักตัวอย่างที่เหมาะสม และระบุข้อมูลดังกล่าวในเอกสารที่แจ้งผลวิเคราะห์หรือสอบเทียบ รวมทั้งแจ้งผู้เกี่ยวข้องให้ทราบ

2.1.3 ห้องปฏิบัติการจะต้องมีเอกสารขั้นตอนการปฏิบัติงานสำหรับบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องและการดำเนินการที่เกี่ยวกับการชักตัวอย่าง ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการดำเนินการวิเคราะห์ทดสอบหรือสอบเทียบบันทึก จะต้องระบุวิธีการชักตัวอย่างที่ใช้ผู้ทำการชักตัวอย่าง สภาวะแวดล้อม แพนผังหรือวิธีการอื่น ซึ่งแสดงจุดหรือตำแหน่งที่ชักตัวอย่าง ถ้าจำเป็น

2.2 การจัดการกับตัวอย่าง (Handling of test and calibration items)

2.2.1 ห้องปฏิบัติการต้องมีเอกสารขั้นตอนการขนส่ง การรับการจัดเคลื่อนย้าย การจัดเก็บ การจำหน่ายและทิ้งทำลายวัตถุตัวอย่าง รวมทั้งเงื่อนไขที่จำเป็นสำหรับการป้องกันการเสื่อมสภาพของวัตถุตัวอย่าง และผลประโยชน์ของห้องปฏิบัติการและลูกค้า

2.2.2 ห้องปฏิบัติการต้องมีระบบการขึ้นบัญชีวัตถุตัวอย่าง หลักฐานการขึ้นจะต้องติดอยู่กับวัตถุตัวอย่างตลอดระยะเวลาที่วัตถุตัวอย่างนั้น ยังคงอยู่ในความรับผิดชอบของห้องปฏิบัติการ ซึ่งระบบดังกล่าวต้องมีการออกแบบและดำเนินการเพื่อให้มั่นใจว่า วัตถุตัวอย่างจะไม่มี การสับเปลี่ยนหรือสับสนกับตัวอย่างอื่น และการอ้างถึงในบันทึกผลหรือเอกสารที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ รวมทั้งระบบจะต้องช่วยในการจัดแบ่งประเภทและการเคลื่อนย้ายวัตถุตัวอย่างภายในห้องปฏิบัติการหรือนำออกจากห้องปฏิบัติการ

2.2.3 ขณะรับวัตถุตัวอย่างเข้ายังห้องปฏิบัติการ ต้องทำการบันทึกสิ่งผิดปกติหรือสภาพที่ต่างจากปกติหรือต่างจากที่ระบุในวิธีการวิเคราะห์หรือสอบเทียบ เมื่อสงสัยเกี่ยวกับความเหมาะสมของวัตถุตัวอย่างหรือกรณีที่วัตถุตัวอย่างไม่สอดคล้องกับลักษณะที่ระบุในการนำส่ง หรือมีการให้ข้อมูลไม่เพียงพอ ห้องปฏิบัติการจะต้องปรึกษากับลูกค้าเพื่อขอคำแนะนำก่อนที่จะดำเนินการต่อไป และให้บันทึกการปรึกษาไว้ด้วย

2.2.4 ห้องปฏิบัติการจะต้องมีเอกสารขั้นตอนการปฏิบัติทั้งเครื่องมืออุปกรณ์ในการป้องกันการเสื่อมสภาพ การสูญหายหรือการเสียหายของวัตถุตัวอย่างในระหว่างการเก็บรักษา การเคลื่อนย้ายวัตถุตัวอย่างจะตัวอย่างปฏิบัติตาม โดยเคร่งครัด เมื่อต้องมีการเก็บรักษาวัตถุตัวอย่างหรือปรับสภาพที่สภาวะแวดล้อมที่กำหนด ห้องปฏิบัติการจะต้องรักษาสภาพที่ระบุตรวจสอบความถูกต้องและบันทึกไว้เป็นหลักฐาน เมื่อมีความจำเป็นที่จะต้องรักษาความปลอดภัยของวัตถุตัวอย่าง ห้องปฏิบัติการจะต้องมีการจัดการสำหรับการเก็บรักษาและการรักษาความมั่นคงปลอดภัยที่สามารถป้องกันการเสื่อมสภาพและความสมบูรณ์ของวัตถุตัวอย่างไว้ได้

จากข้อกำหนดในระบบ ISO/IEC 17025 จะเห็นได้ว่าการจัดทำประกันคุณภาพของกระบวนการชักตัวอย่าง ควรประกอบไปด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ประการ คือ

ประการแรก คือ ความเชี่ยวชาญของผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานการชักตัวอย่าง (Competence requirement) ซึ่งผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานการชักตัวอย่าง ต้องมีทักษะที่สำคัญสำหรับงานการชักตัวอย่าง ซึ่งได้แก่ ความเข้าใจในคุณลักษณะของกระบวนการผลิตและตัวสินค้า ความเข้าใจทฤษฎีและความชำนาญด้านการใช้เครื่องมือและวิธีการสุ่มตัวอย่าง ความเข้าใจองค์ประกอบสินค้าที่มีผลต่อการวิเคราะห์ ความเข้าใจหลักการการทำงานและการสอบเทียบของวิธีวิเคราะห์ และความเข้าใจวิธีการประมาณค่าคลาดเคลื่อนจากปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการชักตัวอย่าง

ประการที่สอง คือ การประเมินคุณภาพของกระบวนการชักตัวอย่าง (Evaluation of sampling) ในการประเมินคุณภาพของกระบวนการชักตัวอย่าง โดยการประมาณค่าความไม่แน่นอนที่เกิดในกระบวนการชักตัวอย่าง (Sampling uncertainty) ซึ่งเป็นตัวเลขแสดงถึงระดับความสม่ำเสมอและคุณภาพของกระบวนการชักตัวอย่างที่ใช้อยู่เป็นประจำเป็นไปตามกำหนดเดิมและมีความเหมาะสมกับสถานการณ์การใช้งานหรือไม่ เมื่อใช้ตัวอย่างที่ได้ในการเป็นตัวแทนของรุ่นสินค้า เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจคุณภาพรุ่นค้าว่าความน่าเชื่อถือหรือไม่ โดยเครื่องมือสำคัญที่ใช้ในการประเมินคุณภาพของกระบวนการชักตัวอย่าง คือ

- การทดสอบความใช้ได้ของวิธีการชักตัวอย่าง (Sampling validation) โดยการประมาณค่าความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่างตามแผนการทดลองที่กำหนดขึ้น

- การควบคุมคุณภาพวิธีการชักตัวอย่างแบบต่อเนื่อง (Continuous quality control of sampling) ซึ่งเป็นการสร้างแผนภูมิควบคุมค่าคลาดเคลื่อนของการวัดเพื่อเฝ้าพิทักษ์ความใช้ได้ของ

กระบวนการชักตัวอย่าง มักใช้ในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนชนิดสินค้าเป้าหมาย แต่ยังคงใช้วิธีชักตัวอย่างเดิม ค่าคลาดเคลื่อนของวิธีชักตัวอย่างที่ประมาณได้จากการทดสอบความใช้ได้ของวิธีชักตัวอย่างถูกนำมาใช้กำหนดเกณฑ์ค่าควบคุมในแผนภูมิควบคุมเมื่อเปลี่ยนชนิดสินค้า การสร้างแผนควบคุมค่าคลาดเคลื่อนของวิธีการชักตัวอย่างใช้แผนภูมิควบคุมค่าพิสัย (R chart)

ประการสุดท้าย คือ การจัดทำเอกสารการรายงานกระบวนการชักตัวอย่าง (Documentation of sampling) เอกสารในระบบคุณภาพที่เกี่ยวข้องกับการชักตัวอย่าง และการจัดการกับตัวอย่าง มีความจำเป็นเพื่อใช้เป็นข้อมูลแสดงทุกขั้นตอนของการดำเนินงาน และเป็นข้อมูลสำหรับใช้ในการประเมินคุณภาพกระบวนการชักตัวอย่าง ซึ่งควรประกอบไปด้วยเอกสารอย่างน้อย 5 ฉบับ ดังนี้

- เอกสารระบุหลักการชักตัวอย่าง (Sampling method) โดยอธิบายหลักการทั่วไปของวิธีการชักตัวอย่างที่ใช้ เช่น ใช้ทฤษฎีสุ่มตัวอย่างแบบกระจายหรือสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม ซึ่งเอกสารส่วนนี้สามารถระบุวิธีการชักตัวอย่างมาตรฐาน (Standard method) ได้อีกด้วย

- เอกสารขั้นตอนการชักตัวอย่าง (Sampling procedure) เป็นคู่มือสำหรับการใช้งานจริง โดยจะแสดงวิธีการชักตัวอย่าง ขั้นตอนการเตรียมและจัดเก็บตัวอย่าง รวมถึงการใช้เครื่องมือสำหรับการชักตัวอย่าง โดยละเอียดเพื่อใช้เป็นคู่มือสำหรับการปฏิบัติงานจริงและการอ้างอิงของเจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบ

- เอกสารรายงานสภาพตัวอย่าง (Sampling field report) เป็นเอกสารระบุรูปภาพการบรรยายลักษณะตัวอย่างที่พบ ณ สถานที่เก็บตัวอย่าง เพื่อแสดงปัจจัยแวดล้อมของสินค้าที่คาดว่าจะพบ เป็นที่มาของการพัฒนาวิธีการชักตัวอย่างที่ระบุในเอกสารขั้นตอนการชักตัวอย่าง

- เอกสารรายงานจัดส่งตัวอย่าง (Chain and custody report) เอกสารระบุวิธีการจัดเก็บตัวอย่าง และขั้นตอนการขนส่งตัวอย่างสู่ห้องปฏิบัติการ

- เอกสารบันทึกกระบวนการชักตัวอย่าง (Sampling report) เป็นเอกสารแสดงรูปแบบและรายละเอียดการบันทึกกระบวนการชักตัวอย่าง รวมถึง สภาพแวดล้อมและการประมาณค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการชักตัวอย่าง (Sampling uncertainty) ค่าที่ประมาณได้นี้อาจนำไปพิจารณาใช้เป็นส่วนหนึ่งของการระบุในรายงานการตรวจวิเคราะห์สินค้า (Measurement report) ได้

3. กระบวนการชักตัวอย่าง

3.1 นิยามของวิธีการชักตัวอย่าง (Sampling method)

วิธีการชักตัวอย่าง (Sampling method) หมายถึง การระบุวิธีการเก็บตัวอย่างจากรุ่นสินค้า โดยระบุจำนวนตำแหน่งหรือจุดที่จะทำการเก็บตัวอย่าง ด้วยเครื่องมือสำหรับเก็บตัวอย่างตามที่กำหนด เพื่อให้ได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของสิ่งที่ต้องการวัดค่าในรุ่นสินค้า และนำไปสู่การตัดสินใจระดับคุณภาพของรุ่นสินค้าที่น่าเชื่อถือ (กิตติศักดิ์, 2550) ซึ่งนิยามคำศัพท์ที่ใช้ในขั้นตอนการสุ่มตัวอย่าง อ้างอิงตามเอกสาร General Guidelines on Sampling (2004) อธิบายโดยจัดเรียงตามลำดับดังนี้

- สินค้าส่งมอบ (Consignment) หมายถึง ปริมาณสินค้าส่งมอบและ/หรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน อาจประกอบด้วยรุ่นสินค้ามากกว่าหรือเท่ากับ 1 รุ่น แผนการสุ่มตัวอย่างจะใช้สำหรับสินค้าส่งมอบในส่วนที่เป็นรุ่นสินค้าเดียวกันเท่านั้น ถ้ารุ่นสินค้ามีความต่างกัน การสุ่มตัวอย่างให้สุ่มแบบแบ่งกลุ่ม
- รุ่นสินค้า (Lot) หมายถึง สินค้าที่ประกอบด้วยหน่วยสินค้าแบบเดียวกัน ระดับชั้นเดียวกัน ขนาดเท่ากัน และส่วนประกอบอย่างเดียวกัน ที่ผลิตขึ้นภายใต้สภาพการผลิตเดียวกันและในเวลาเดียวกัน โดยแต่ละรุ่นสินค้าจะมีขนาดของรุ่น (Lot size) เท่ากันในหนึ่งรุ่นสินค้า
- จำนวนตัวอย่างย่อย (Increment number) หมายถึง จำนวนตำแหน่งต่าง ๆ ในรุ่นสินค้าที่จะทำการเก็บตัวอย่างขั้นต้น (Primary sample) ในปริมาณที่กำหนด โดยการเก็บตัวอย่างแบบสุ่ม (Random sampling)
- ตัวอย่างรวม (Composite sample) หมายถึง การนำตัวอย่างขั้นต้นจากตำแหน่งต่าง ๆ ของรุ่นสินค้ามารวมและผสมเข้าด้วยกัน ซึ่งถือว่าเป็นตัวอย่างเฉลี่ยภายใต้สภาวะเดียวกัน และใช้เป็นตัวแทนของรุ่นสินค้า
- ตัวอย่างทดสอบ (Test sample) หมายถึง การนำตัวอย่างรวมมาลดปริมาณลงอย่างเหมาะสม เพื่อเตรียมนำส่งให้ห้องปฏิบัติการ

- ตัวอย่างแบ่งทดสอบ (Test portion) หมายถึง ปริมาณตัวอย่างที่ถูกแบ่งส่วนออกจากตัวอย่างทดสอบ มีวัตถุประสงค์เพื่อนำไปตรวจสอบคุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา หรือประเมินคุณภาพประเภทอาศัยความรู้สึก (Sensory) และความสวยงาม (Cosmetic)

การชักตัวอย่างเป็นวิธีการที่กำหนดขึ้น เพื่อเก็บตัวอย่างจากรุ่นสินค้าโดยอาศัยวิธีการทางสถิติ และนำไปวิเคราะห์ทดสอบ ตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์ถือเป็นตัวแทนของสินค้าทั้งหมดในรุ่นที่แสดงข้อมูลผลวิเคราะห์ และใช้เป็นข้อมูลเพื่อการตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธรุ่นสินค้า นอกจากนี้ ข้อมูลผลวิเคราะห์ดังกล่าวจะนำไปสู่การกำหนดแผนการชักตัวอย่างต่อไป โดยในแผนการชักตัวอย่าง (Sampling plan) เป็นการระบุจำนวนตัวอย่างที่ต้องสุ่มเก็บจากรุ่นสินค้าแล้วนำไปตรวจประเมิน และเกณฑ์ตัดสินใจ ผลการตรวจประเมินตัวอย่างที่ทดสอบเทียบกับเกณฑ์การยอมรับรุ่นสินค้าที่กำหนด เพื่อสรุปการยอมรับหรือปฏิเสธรุ่นสินค้า

3.2 ขั้นตอนการชักตัวอย่าง (Sampling procedure) (EURACHEM, 2007)

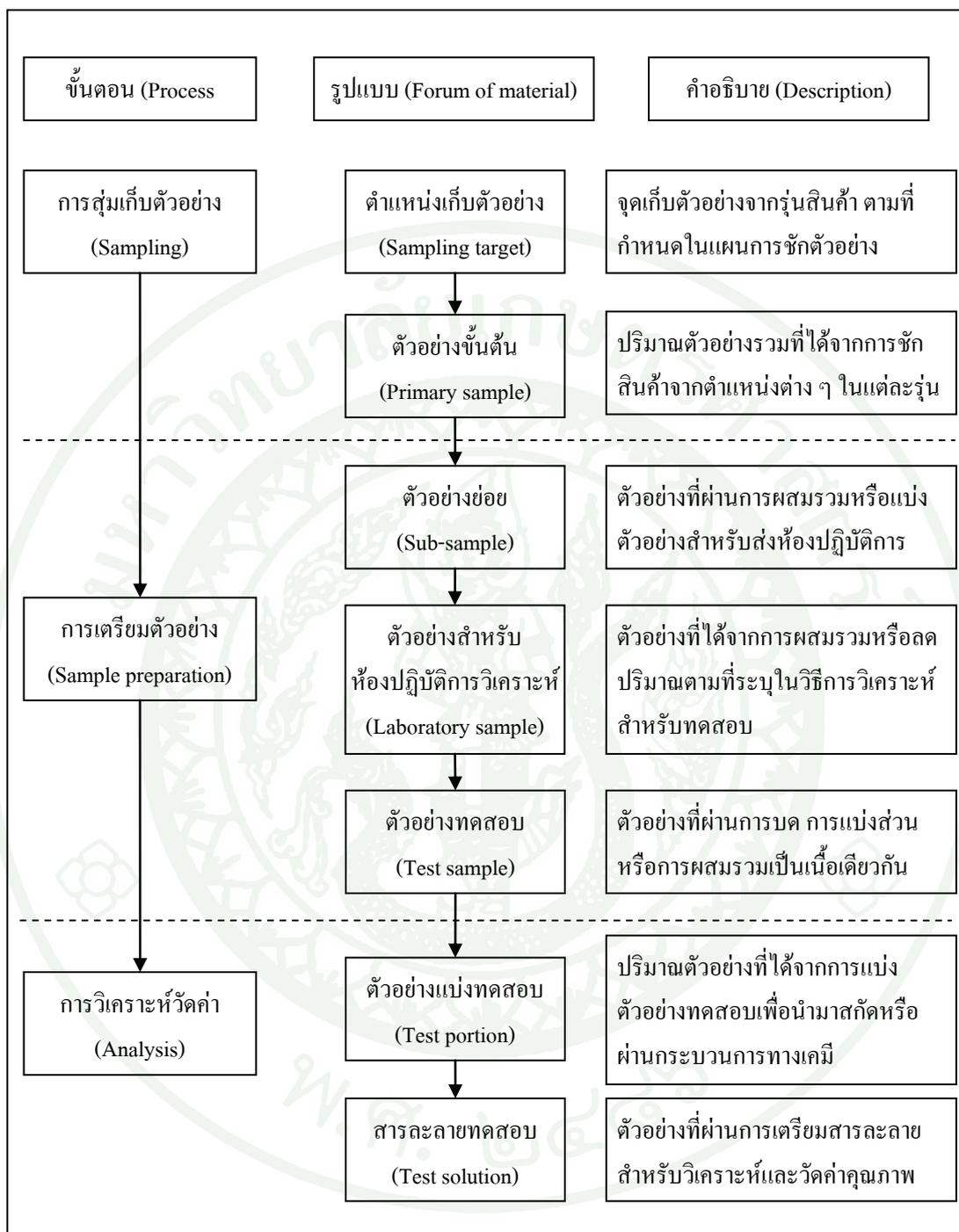
ขั้นตอนสำคัญในกระบวนการชักตัวอย่าง ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ

3.2.1 ขั้นตอนการสุ่มเก็บตัวอย่าง (Sampling) เป็นกระบวนการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างจากจุดเก็บตัวอย่าง (Sampling target) ในรุ่นสินค้า (Lot) ให้ได้ปริมาณและน้ำหนักตามที่กำหนด เพื่อให้ได้ตัวอย่างขั้นต้น (Primary sample) โดยการเลือกตัวอย่างส่วนใหญ่มักเป็นการเก็บตัวอย่างแบบสุ่ม (Random) ซึ่งเก็บตัวอย่างสินค้าจากจุดต่าง ๆ ให้กระจายทั่วทั้งรุ่น เพื่อให้ตัวอย่างนั้นเป็นตัวแทนของสินค้าทั้งหมดในแต่ละรุ่น รุ่นสินค้ามีลักษณะแตกต่างกันไป เช่น แบบเทกอง (Bulk) บรรจุถุงหรือกระสอบ (Package) บรรจุกล่อง (Carton) เป็นต้น

3.2.2 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง (Sample preparation) เป็นกระบวนการเตรียมตัวอย่างเพื่อวัตถุประสงค์ 2 ประการ ซึ่งประการแรกเป็นการเตรียมตัวอย่างสำหรับนำส่งห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ โดยการผสมรวมตัวอย่าง (Composite sample) จากการเก็บตัวอย่างที่จุดต่าง ๆ ในรุ่นสินค้า และแบ่งเพื่อลดขนาดตัวอย่างลง (Sub-sample) ตลอดจนการจัดเก็บรักษาตัวอย่าง และการขนส่งสู่ห้องปฏิบัติการ ประการที่สอง เป็นการเตรียมตัวอย่างสำหรับห้องปฏิบัติการ (Laboratory sample) โดยการบด (Milling) การแบ่ง (Splitting) และการผสมตัวอย่างเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenization) เพื่อใช้เป็นตัวอย่างทดสอบ (Test sample) ก่อนการวิเคราะห์

3.2.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์หัตถ์ค่า (Analysis) ตัวอย่างสำหรับทดสอบจะถูกนำมาสกัดหรือผ่านกระบวนการทางเคมีก่อน แบ่งปริมาณตัวอย่างตามที่ระบุไว้ในวิธีวิเคราะห์ เพื่อเป็นตัวอย่างแบ่งทดสอบ (Test portion) และเตรียมสารละลายตัวอย่าง (Test solution) สำหรับวิเคราะห์และวัดค่าคุณลักษณะทางคุณภาพของสินค้าในรุ่นนั้น ๆ

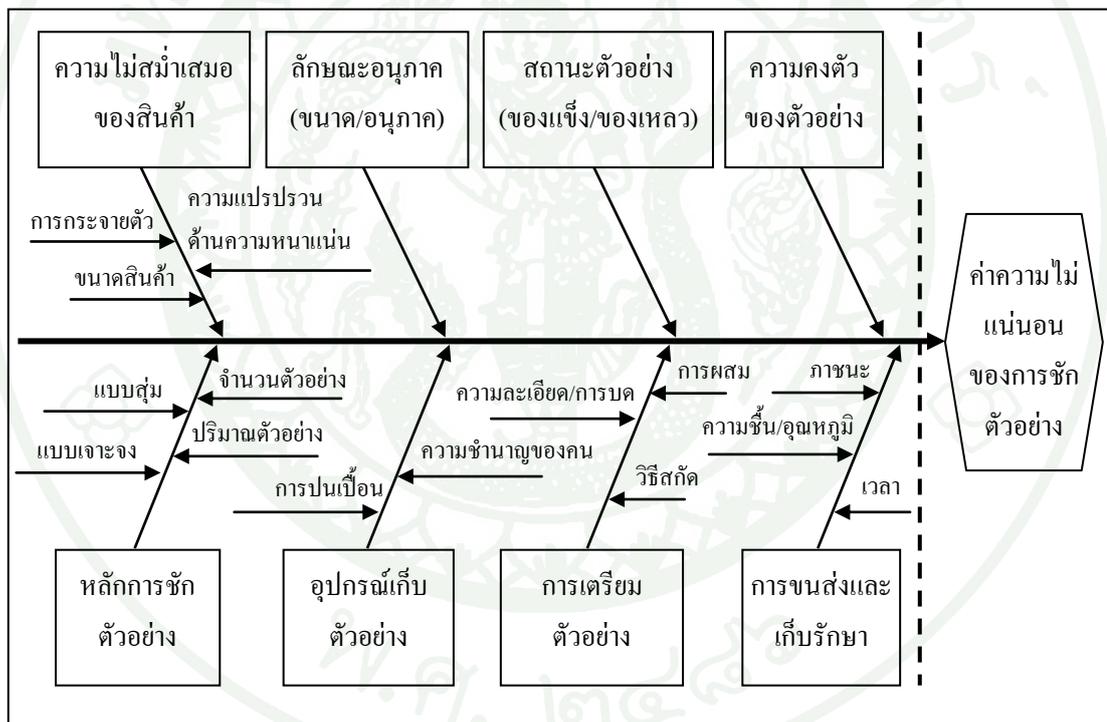




ภาพที่ 11 แผนภาพแสดงขั้นตอนการชักตัวอย่าง (Sampling procedure)

ที่มา: EURACHEM (2007)

จากภาพที่ 11 แสดงขั้นตอนกระบวนการชักตัวอย่าง ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดีของรุ่นสินค้า คุณภาพของตัวอย่างที่ดีนั้นขึ้นกับกระบวนการเก็บตัวอย่างขั้นต้น กระจายทั่วถึงในรุ่นสินค้า การเตรียมตัวอย่างจากการผสมรวมและลดขนาดตัวอย่าง การเก็บรักษา การขนส่ง และการกำหนดปริมาณสารทดสอบก่อนการวิเคราะห์ค่า ซึ่งการชี้บ่งว่าวิธีชักตัวอย่างดังกล่าวมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน (Fit of use) หรือใช้ได้หรือไม่ สามารถแสดงด้วยค่าความคลาดเคลื่อนของตัวอย่าง (Sampling error) หรือผ่านกระบวนการประมาณค่าความไม่แน่นอนที่เกิดจากการชักตัวอย่าง (Sampling uncertainty) ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อค่าความไม่แน่นอนของกระบวนการชักตัวอย่าง สามารถสรุปได้ดังภาพที่ 12 เป็นแผนภาพสรุปปัจจัยทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับขนาดค่าค่าความไม่แน่นอนของกระบวนการชักตัวอย่าง ซึ่งเป็นประเด็นที่ควรพิจารณาควบคุมให้ได้ระหว่างการพัฒนาวธีการชักตัวอย่างที่จะใช้สำหรับงานประกันคุณภาพ



ภาพที่ 12 แผนผังก้างปลา (Fish-bone Diagram) แสดงแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนของกระบวนการชักตัวอย่าง

ที่มา: NT TECHNICAL REPORT 604 (2007)

4. ขั้นตอนการสร้างวิธีการชักตัวอย่างตามหลักประกันคุณภาพ

การสร้างวิธีการชักตัวอย่างตามหลักประกันคุณภาพ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ

4.1 การหาข้อมูลสรุปสถานการณ์ของระดับมาตรฐานสินค้า กระบวนการผลิต และระดับปัญหาด้านมาตรฐานของสินค้าที่กำลังพัฒนาวิธีการชักตัวอย่าง ซึ่งเป็นลักษณะการสร้างวิธีการชักตัวอย่างตามสถานการณ์ความเสี่ยงเรื่องมาตรฐานความปลอดภัยและคุณภาพสินค้า

4.2 การกำหนดวิธีการชักตัวอย่าง ซึ่งระบุขั้นตอนตั้งแต่การสุ่มตัวอย่างขั้นต้น การเตรียมตัวอย่าง การเก็บรักษาตัวอย่าง และการจัดส่งตัวอย่างสู่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์

4.3 การทดสอบความใช้ได้ทางวิธีการชักตัวอย่าง (Validation) โดยการประมาณค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการชักตัวอย่าง (Sampling uncertainty) เพื่อเทียบกับค่าคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้จากการวัดค่า (Measurement uncertainty) และสรุปความเหมาะสมของวิธีการชักตัวอย่างที่พัฒนาขึ้น ในกรณีที่ค่าคลาดเคลื่อนมากเกินไป อาจพิจารณาหาแนวทางแก้ไข โดยการปรับวิธีการชักตัวอย่างไปในทิศทางลดค่าคลาดเคลื่อน หรือกรณีที่ยากแก่การลดขนาดของค่าคลาดเคลื่อน อาจพิจารณาหาแนวทางปรับเกณฑ์ควบคุมคุณภาพสินค้าแทน

4.4 จัดทำเอกสารแสดงวิธีการชักตัวอย่าง (Sampling procedure) เพื่อนำไปใช้ปฏิบัติงาน

4.5 การควบคุมขั้นตอนการชักตัวอย่าง ด้วยการจัดทำแผนควบคุมค่าคลาดเคลื่อนจากการชักตัวอย่าง เมื่อเปลี่ยนชนิดสินค้า โดยใช้วิธีการที่ระบุในเอกสารแสดงวิธีการชักตัวอย่าง และพิจารณาค่าคลาดเคลื่อนว่ายังอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ตามแผนควบคุมหรือไม่ กรณีที่ไม่อยู่ในเขตควบคุม อาจต้องพิจารณาปรับวิธีการชักตัวอย่างให้เหมาะสมกับสินค้า

จากทั้ง 5 ขั้นตอนของการสร้างวิธีการชักตัวอย่างตามหลักประกันคุณภาพ ขั้นตอนหนึ่งกำหนดให้มีการทดสอบความใช้ได้ของวิธีการชักตัวอย่าง โดยการประมาณหาค่าความไม่แน่นอนเพื่อทราบระดับค่าความไม่แน่นอนของวิธีการชักตัวอย่างที่ใช้ปฏิบัติอยู่ในปัจจุบัน ว่ามีความเหมาะสมที่จะใช้วิธีการชักตัวอย่างดังกล่าวในการเก็บตัวอย่างสินค้า

การทดสอบความใช้ได้ของวิธีการชักตัวอย่าง

การทดสอบความใช้ได้ของวิธีการชักตัวอย่าง (Sampling validation) เป็นการยืนยัน โดยการทดสอบและมีหลักฐานแสดงว่าวิธีการชักตัวอย่างเหมาะสมกับการใช้งาน (Fit of use) เพื่อสร้างความน่าเชื่อถือในกระบวนการชักตัวอย่าง ในกรณีที่ผ่านการทดสอบความใช้ได้แล้ว มีการเปลี่ยนแปลงขั้นตอนในการชักตัวอย่าง หรือมีการชักตัวอย่างสินค้าในครั้งต่อไป จำเป็นต้องมีการทดสอบความใช้ได้ใหม่ เพื่อทบทวน หรือปรับแก้ไขวิธีการชักตัวอย่างให้เหมาะสมกับสถานการณ์ ระดับคุณภาพของสินค้าในขณะนั้น ซึ่งวิธีการสำหรับทดสอบความใช้ได้ของวิธีการชักตัวอย่าง คือ การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่าง (Sampling uncertainty) และใช้ขนาดของค่าความไม่แน่นอนที่ประมาณได้บ่งชี้ถึงความใช้ได้ของกระบวนการชักตัวอย่าง โดยเทียบกับค่าความไม่แน่นอนในกระบวนการวัด (Measurement uncertainty) ที่ยอมให้มี

1. ขั้นตอนของการทดสอบความใช้ได้ของวิธีการชักตัวอย่าง

ขั้นตอนการศึกษาความใช้ได้ของวิธีการชักตัวอย่าง สามารถสรุปได้ ดังนี้

1.1 กำหนดค่าความไม่แน่นอนในกระบวนการวัดทั้งหมดที่ยอมให้มี (Allowable measurement uncertainty; U_M) ซึ่งค่านี้ขึ้นกับเกณฑ์ค่าควบคุมที่กำหนดเทียบกับสถานการณ์ของระดับคุณภาพสินค้าที่มีในอุตสาหกรรมซึ่งต้องควบคุม และค่าความไม่แน่นอนในกระบวนการวัดนี้ ต้องกำหนดจากแหล่งที่ทำให้เกิดความไม่แน่นอนหรือความคลาดเคลื่อน 2 แหล่ง คือ จากกระบวนการชักตัวอย่าง (Sampling uncertainty; U_{Sampling}) และกระบวนการวิเคราะห์ (Analysis uncertainty; U_{Analysis})

1.2 ศึกษากระบวนการทดสอบทั้งหมดตั้งแต่การชักตัวอย่าง กระบวนการเตรียมตัวอย่าง และการวิเคราะห์เพื่อหาจุดที่ก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนสูง ซึ่งทั่วไปมักเกิดจากความไม่สม่ำเสมอของตัวสินค้าภายในรุ่น หรือความไม่สม่ำเสมอของตัวสินค้าในเวลาผลิตต่าง ๆ ในรุ่น

1.3 ทำการศึกษาความใช้ได้ (Validation study) โดยคำนวณค่าคลาดเคลื่อนจากแผนการทดลองแบบ Two-split level Replication Design กับตัวอย่างเป้าหมายอย่างน้อย 8 คู่ตัวอย่าง ซึ่งกำหนดปัจจัยศึกษา 2 ปัจจัย คือ ความคลาดเคลื่อนจากตำแหน่งของรุ่นสินค้า (Validation in space) หรืออิทธิพลของเวลาที่ผลิตสินค้า (Validation in time)

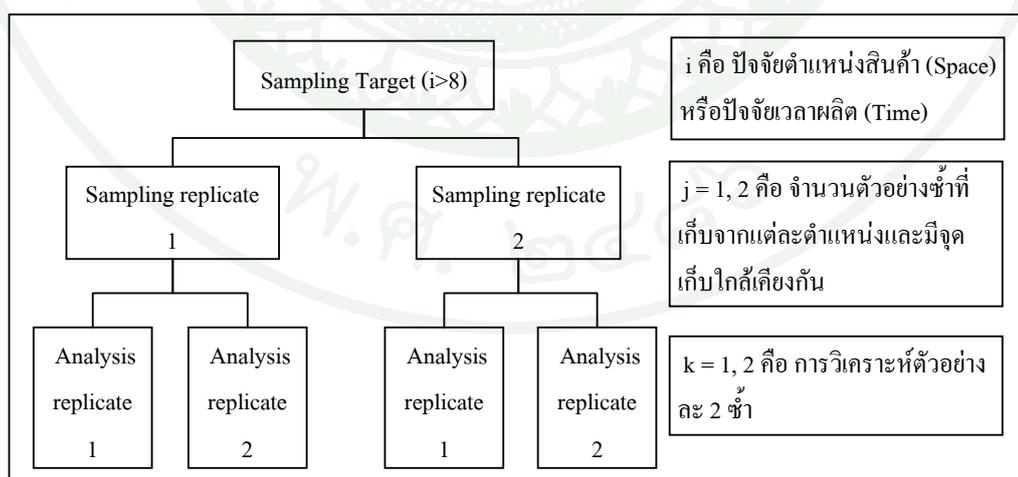
1.4 คำนวณค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น เพื่อให้ได้ค่าคลาดเคลื่อนจากการวัด ค่าคลาดเคลื่อนจากการชักตัวอย่าง และค่าคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์ เพื่อประเมินความใช้ได้ของวิธีชักตัวอย่าง จากค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่าง (U_{Sampling}) ที่ประมาณได้

1.5 กรณีที่ค่าความไม่แน่นอนจากการวัด ($U_{\text{Measurement}}$) ที่คำนวณได้สูงเกินเป้าหมายให้วิเคราะห์แก้ไขจนได้ค่า $U_{\text{Measurement}}$ ตามกำหนด

1.6 พัฒนาแผนภูมิควบคุมค่าคลาดเคลื่อนของการชักตัวอย่างสำหรับใช้ควบคุมความสม่ำเสมอของกระบวนการชักตัวอย่าง เพื่อให้ได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดีของรุ่นสินค้า

2. หลักการวางแผนการทดลองแบบ Two-split level Replication Design

แผนการทดลองแบบ Two-split level Replication Design เป็นการทดลองซ้ำ และวัดค่าซ้ำ ในแต่ละสิ่งทดลอง ซึ่งแผนการทดลองสำหรับประมาณค่าความไม่แน่นอนจากวิธีการชักตัวอย่าง ที่ระบุในคู่มือ Nordtest Handbook (2007) จะกำหนดให้เก็บตัวอย่างซ้ำ (Sampling replication) บนสินค้าเป้าหมาย (Sampling target) อย่างน้อย 8 เป้าหมาย แต่ละเป้าหมายเก็บ 2 ตัวอย่างที่อยู่ในจุดที่ใกล้เคียงกัน และวิเคราะห์ค่าซ้ำ (Analysis replication) ในแต่ละตัวอย่าง แสดงรูปแบบแผนการทดลองดังภาพที่ 13

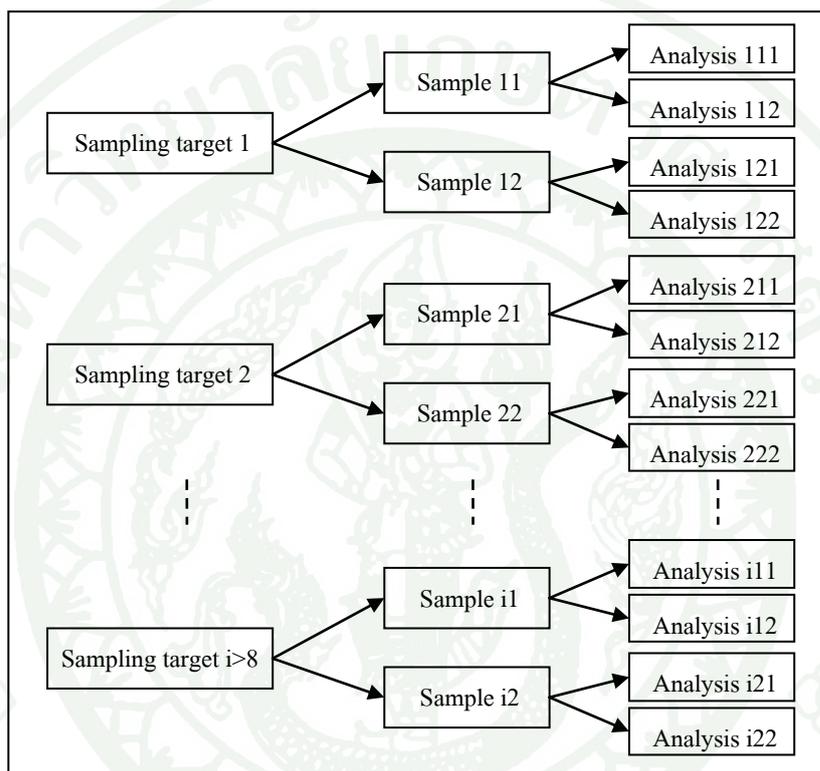


ภาพที่ 13 แผนภาพแสดงแผนการทดลองแบบ Two-split level Replication Design

ที่มา: ดัดแปลงจาก NT TECHNICAL REPORT 604 (2007)

การทดสอบความใช้ได้ของการชักตัวอย่างตามแผนการทดลอง แบ่งการทดสอบตามปัจจัย สำหรับศึกษาความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่างออกเป็น 2 กรณี ได้แก่

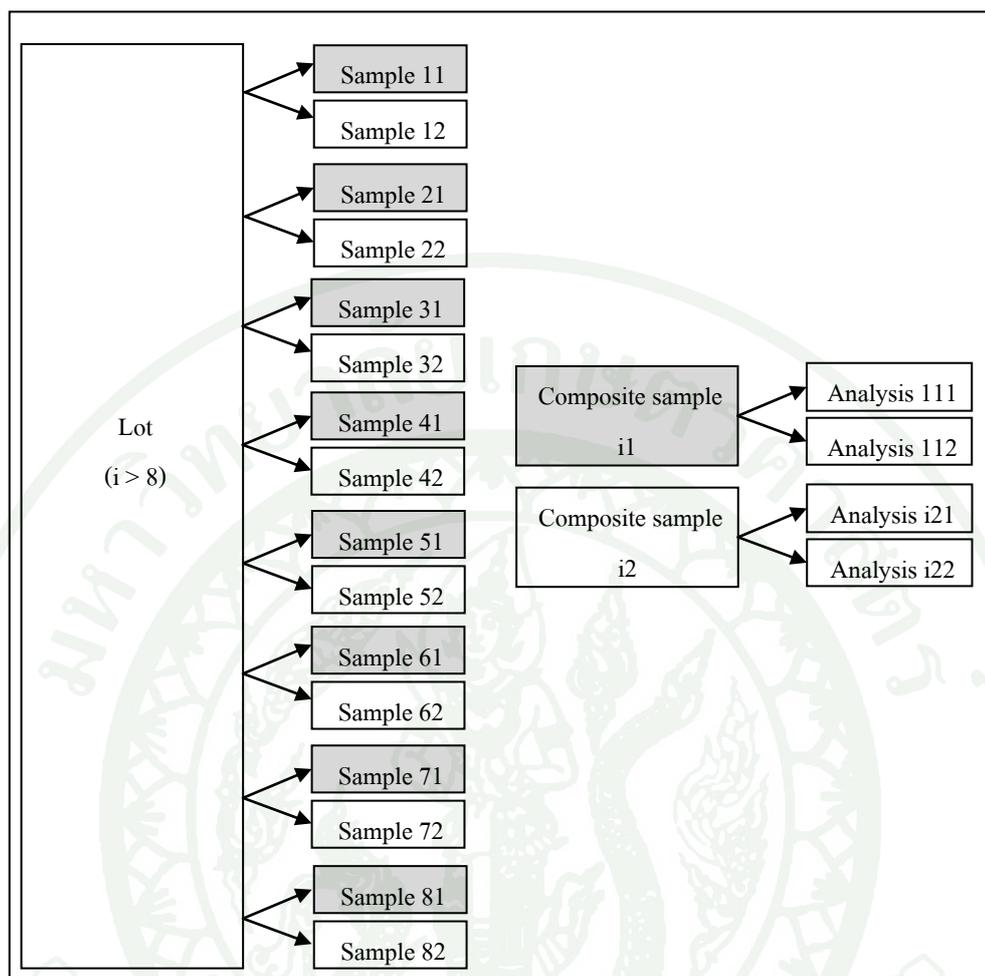
กรณีที่ 1 Validation in space of lot คือ การสุ่มเก็บตัวอย่างซ้ำจากตำแหน่งต่าง ๆ (Sampling target) บนรุ่นสินค้าเดียวกัน อย่างน้อย 8 ตำแหน่งต่อรุ่น ($i \geq 8$) แสดงดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 แผนภาพการทดสอบความใช้ได้ของวิธีการชักตัวอย่าง กรณีศึกษา Validation in space

ที่มา: ดัดแปลงจาก Ramsey and Thompson (2007)

กรณีที่ 2 Validation in time of lot produced คือ การสุ่มเก็บตัวอย่างซ้ำจากเวลาผลิตต่าง ๆ บนรุ่นสินค้าที่มีกระบวนการผลิตเดียวกันอย่างน้อย 8 รุ่น โดยตัวอย่างที่ได้เป็นตัวอย่างรวมกอง (Composite sample) จากการสุ่มเก็บตัวอย่างจากจุดต่าง ๆ ในรุ่นอย่างน้อย 8 จุดย่อย (Increment sample) วิเคราะห์ค่าตัวอย่างละ 2 ซ้ำ แสดงดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 แผนภาพการทดสอบความใช้ได้ของวิธีการชักตัวอย่าง กรณีศึกษา Validation in time

ที่มา: คัดแปลงจาก Ramsey and Thompson (2007)

ลักษณะการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่างจากแผนการทดลอง Two-split level Replication Design เป็นความแตกต่างของผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการเก็บตัวอย่างซ้ำ และการวิเคราะห์ซ้ำ ในสภาวะเดียวกัน โดยใช้วิธีการชักตัวอย่างเดียวกัน และวิธีการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเดียวกัน ซึ่งจะให้ผลการวิเคราะห์ค่าที่ไม่แตกต่างกัน ดังนั้น ค่าความไม่แน่นอนที่ประมาณได้จึงเป็นค่าที่อธิบายถึงความคลาดเคลื่อนบนปัจจัยที่กำหนดขณะศึกษา มิได้เป็นค่าคลาดเคลื่อนที่อธิบายทุกเหตุการณ์ ปัจจัยทุกส่วนที่เกี่ยวข้องขณะศึกษานี้ จึงควรเป็นสิ่งที่เป็นตัวแทนของการปฏิบัติงานประจำของกระบวนการชักตัวอย่างเพื่องานควบคุมมาตรฐานสินค้า

3. หลักการประมาณค่าความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่าง

3.1 นิยามของค่าความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่าง

ค่าความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่าง (Sampling uncertainty) เป็นตัวเลขแสดงคุณภาพของตัวอย่างที่จะเป็นตัวแทนที่ดีของรุ่นสินค้า โดยค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่างต่ำจะแสดงถึงความคงที่ของวิธีการชักตัวอย่าง และการเป็นตัวแทนที่ดีของรุ่นสินค้า ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อขนาดความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่าง จำแนกได้เป็น 3 กลุ่ม (NT TECHNICAL REPORT 604, 2007) คือ

กลุ่มที่ 1 ปัจจัยของคุณลักษณะของตัวสินค้า ซึ่งแบ่งเป็นประเด็นย่อย ได้แก่

- ความสม่ำเสมอของสินค้า ซึ่งหมายถึง การกระจายตัว และความแปรปรวนในด้านความหนาแน่นของอนุภาค ซึ่งขึ้นกับขนาดและรูปร่างของอนุภาคของสินค้า
- สถานะของตัวอย่าง เช่น ของแข็ง หรือของเหลว ซึ่งมีผลต่อความสม่ำเสมอของตัวสินค้าในรุ่น
- ความคงตัวของตัวอย่างต่อการเปลี่ยนแปลงกับสภาวะแวดล้อม

กลุ่มที่ 2 ปัจจัยเกี่ยวกับวิธีการชักตัวอย่าง ให้ได้มาซึ่งตัวแทนที่ดีของรุ่นสินค้า ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนและปริมาณตัวอย่าง รวมถึงหลักการทำงานของอุปกรณ์การชักตัวอย่างด้วย

กลุ่มที่ 3 ปัจจัยเกี่ยวกับขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง จากการผสมรวมตัวอย่าง เพื่อให้ได้มาซึ่งตัวอย่างที่มีความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneity) เพื่อเป็นตัวแทนที่ดีในการวิเคราะห์ค่าต่อไป ซึ่งปัจจัยนี้รวมถึงหลักการเตรียม การขนส่งและการเก็บรักษาตัวอย่าง

3.2 หลักสถิติเพื่อการประมาณค่าความไม่แน่นอน

ในการรายงานผลการทดสอบ ($X = x \pm U$) ที่ระบุค่าความไม่แน่นอน (Expanded uncertainty; U) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่าความไม่แน่นอน (U) ที่รายงานนี้ เป็นค่ารวมของ

ผลกระทบทั้งหมดที่มีต่อผลการวิเคราะห์จากกระบวนการวัด มีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน (Standard uncertainty; u) ที่แสดงถึงการกระจายหรือความสม่ำเสมอของข้อมูลจากการวัด ค่าความไม่แน่นอน (U) มีค่าเท่ากับสองเท่าของค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน (u) เมื่อกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 95% แสดงความสัมพันธ์ได้ ดังสมการ

$$U = 2u \quad (2)$$

โดยที่ U คือ ค่าความไม่แน่นอนที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (Expanded uncertainty)

u คือ ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน (Standard uncertainty)

2 คือ Coverage factor (k) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน (u) สามารถคำนวณได้ในรูป ร้อยละของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (Relative Standard Deviation; %RSD) คำนวณ โดยการนำค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation; s) เทียบกับค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่วัด แสดงการคำนวณ (NT TECHNICAL REPORT, 2007) ดังสมการ

$$u = \text{RSD} = \frac{s}{\bar{X}} \times 100 \quad (3)$$

โดยที่ RSD คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (Relative Standard Deviation) ในหน่วยร้อยละ

s คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

\bar{X} คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด (Total mean)

ค่าร้อยละของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (RSD) มีประโยชน์ในการเปรียบเทียบข้อมูลตั้งแต่สองชุดขึ้นไปที่มีหน่วยของข้อมูลแต่ละชุดแตกต่างกัน ถ้า RSD มีค่ามาก หมายความว่าข้อมูลมีการกระจายตัวมาก ความสม่ำเสมอต่ำ ถ้า RSD มีค่าน้อย หมายความว่าข้อมูลมีการกระจายตัวน้อย ความสม่ำเสมอสูง ในหลักการทางสถิติและทฤษฎีความน่าจะเป็น ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ คือค่าที่ใช้วัดการกระจายสัมพัทธ์ของข้อมูลแต่ละชุด เพื่อเปรียบเทียบการกระจายกับข้อมูลชุดอื่น ๆ จะใช้วิธีการวัดการกระจายที่ชื่อว่า สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (Coefficient of Variation; CV) โดยปกติมักจะแสดงในหน่วยร้อยละ (Dodge, 2003)

การคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) ใช้หลักสถิติพิสัย (Range statistics) โดยการหาค่าพิสัยเฉลี่ย (Mean range; \bar{D}) ซึ่งเป็นการเฉลี่ยค่าจากส่วนต่างของข้อมูลคู่ที่ศึกษา เทียบกับค่าคงที่ (Statistic constant; d_2) เพื่อเปลี่ยนให้เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) โดยค่าคงที่นี้พิจารณาจากจำนวนซ้ำที่ใช้ในการวัด คำนวณได้ (NT TECHNICAL REPORT, 2007) ดังสมการ

$$s = \frac{\bar{D}}{d_2} \quad (4)$$

โดยที่ s คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

\bar{D} คือ ค่าพิสัยเฉลี่ย (Mean range)

d_2 คือ ค่าคงที่ (Statistic constant) ในการคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งมีค่าขึ้นกับจำนวนข้อมูลคู่ที่ศึกษา เช่น $n = 2$; $d_2 = 1.128$

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) คำนวณจากข้อมูลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ในคู่ตัวอย่างบนสินค้าเป้าหมายเดียวกัน อย่างน้อย 8 เป้าหมาย โดยการวางแผนการทดลองแบบ Two-split level Replication Design ที่กำหนดปัจจัยให้สอดคล้องกับการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการวัด การชักตัวอย่าง และการวิเคราะห์

3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัด การชักตัวอย่าง และการวิเคราะห์

สมการรายงานผลการทดสอบ $X = x \pm U$ ค่าความไม่แน่นอน (U) คือ ค่าความไม่แน่นอนของการวัด (Measurement uncertainty; $U_{\text{Measurement}}$) แสดงถึงความถูกต้องหรือความน่าเชื่อถือของการตัดสินใจตัดสินคุณภาพรุ่นสินค้าจากการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่าง ซึ่งขนาดของค่าความไม่แน่นอน (U หรือ $U_{\text{Measurement}}$) นี้ มีที่มาจาก 2 แหล่งหลัก คือ ความคลาดเคลื่อนจากกระบวนการชักตัวอย่าง และกระบวนการวิเคราะห์ ความคลาดเคลื่อนดังกล่าว อธิบายความสัมพันธ์ด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานกำลังสองหรือค่าความแปรปรวน (Variance; s^2) ซึ่งแสดงการกระจายหรือความสม่ำเสมอของข้อมูลที่ได้จากการวัด สามารถสรุปสมการแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวัด ดังสมการ

$$s_{\text{Measurement}}^2 = s_{\text{Sampling}}^2 + s_{\text{Analysis}}^2 \quad (5)$$

โดยที่ $s_{\text{Measurement}}^2$ คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานกำลังสองของกระบวนการวัด
 s_{Sampling}^2 คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานกำลังสองของกระบวนการชักตัวอย่าง
 s_{Analysis}^2 คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานกำลังสองของกระบวนการวิเคราะห์

จากสมการ (5) คำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการวัด และกระบวนการวิเคราะห์ จากการวางแผนการทดลองแบบ Two-split level Replication Design ได้ ดังนี้

- ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวิเคราะห์ (s_{Analysis}) เป็นค่าคลาดเคลื่อนจากการวัดซ้ำ วิเคราะห์ คำนวณจากค่าพิสัยเฉลี่ยของตัวอย่างคู่ที่ 1 และคู่ที่ 2 เฉลี่ยจากจำนวนตำแหน่งเก็บตัวอย่างที่กำหนดในแผนการทดลอง อย่างน้อย 8 ตำแหน่ง ($i = 1, 2, \dots, 8$) ดังสมการ

$$\bar{D}_{\text{Analysis}} = \frac{\bar{D}_{i1} + \bar{D}_{i2}}{2} \quad (6)$$

$$s_{\text{Analysis}} = \frac{\bar{D}_{\text{Analysis}}}{d_2} \quad (7)$$

โดยที่ $\bar{D}_{i1}, \bar{D}_{i2}$ คือ ค่าพิสัยเฉลี่ยของตัวอย่างคู่ที่ 1 และคู่ที่ 2 เฉลี่ยจากจำนวนตำแหน่งที่กำหนดในแผนการทดลอง

d_2 คือ ค่าคงที่ (Statistic constant) เพื่อคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่าขึ้นกับจำนวนข้อมูลที่ศึกษา เช่น $n = 2$; $d_2 = 1.128$

- ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัด ($s_{\text{Measurement}}$) เป็นค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดจากกระบวนการวัดทั้งหมด ซึ่งคำนวณจากค่าเฉลี่ยของพิสัยจากค่าเฉลี่ยของตัวอย่างคู่ที่ 1 และคู่ที่ 2 ซึ่งค่าพิสัยเฉลี่ยของตัวอย่าง เฉลี่ยจากจำนวนตำแหน่งเก็บตัวอย่างที่กำหนดในแผนการทดลองอย่าง น้อย 8 ตำแหน่ง ($i = 1, 2, \dots, 8$) ดังสมการ

$$\bar{D}_{\text{Measurement}} = \frac{\sum_{i=1}^8 D_i}{n} \quad (8)$$

$$S_{\text{Measurement}} = \frac{\bar{D}_{\text{Measurement}}}{d_2} \quad (9)$$

โดยที่ \bar{D}_i คือ ค่าพิสัยของตัวอย่างคู่ที่ 1 และ 2 เฉลี่ยจากจำนวนตำแหน่งที่กำหนด
ในแผนการทดลอง

n คือ จำนวนตำแหน่งเก็บตัวอย่างหรือจำนวนรุ่นสินค้า

d_2 คือ ค่าคงที่ (Statistic constant) เพื่อคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่า
ขึ้นกับจำนวนข้อมูลที่ศึกษา เช่น $n = 2$; $d_2 = 1.128$

- ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการชักตัวอย่าง (s_{Sampling}) เป็นค่าคลาดเคลื่อนของ
กระบวนการชักตัวอย่าง ที่มีผลต่อค่าวิเคราะห์ของตัวอย่างซ้ำ ซึ่งคำนวณจากผลต่างระหว่างค่า
เบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัดและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวิเคราะห์ จากสมการ (5) โดยค่า
เบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ประมาณจากการวัดตัวอย่างซ้ำ 2 ครั้ง ดังนั้น จึงใช้รากที่สอง
ของตัวอย่าง 2 ซ้ำ ในการประมาณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่เกิดจากกระบวนการวัดในครั้งนี้ ซึ่ง
คำนวณทั้งสินค้าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการชักตัวอย่างคำนวณได้ ดังสมการ

$$S_{\text{Sampling}} = \sqrt{\left(S_{\text{Measurement}}^2 \right) - \left(\frac{S_{\text{Analysis}}}{\sqrt{2}} \right)^2} \quad (10)$$

จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่คำนวณได้ข้างต้น เปลี่ยนเป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
สัมพัทธ์ (Relative Standard Deviation; RSD) ของการวัด การชักตัวอย่าง และการวิเคราะห์ ซึ่งเป็น
ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน (Standard uncertainty; u) ขยายขอบเขตค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน
ให้อยู่ในช่วงที่กว้างขึ้น (Expanded uncertainty; U) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยคำนวณจาก 2 เท่า
ของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ที่คำนวณได้ ผลลัพธ์ที่ได้ คือ ค่าความไม่แน่นอนของการวัด การ
ชักตัวอย่าง และการวิเคราะห์ จากขนาดของค่าความไม่แน่นอนที่เกิดจากการชักตัวอย่างจะบ่งบอก
ถึงการใช้ได้ของวิธีการชักตัวอย่าง (Sampling validation) เพื่อชี้แจงความเหมาะสมของการใช้งาน
(Fit of use) ที่ใช้ในปัจจุบัน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการวัดสำหรับแสดงคุณภาพของข้อมูลผลวิเคราะห์ มีบทบาทสำคัญต่อความเชื่อมั่นของการตัดสินใจคุณภาพรุ่นสินค้า ซึ่งเป็นข้อกำหนดในมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารระดับสากล ที่ต้องแสดงข้อมูลค่าความไม่แน่นอนรวมของผลกระทบทั้งหมดที่เกิดขึ้นในกระบวนการวัด ซึ่งค่าความไม่แน่นอนจากกระบวนการวัด (Measurement uncertainty) ประกอบด้วยแหล่งของความไม่แน่นอน 2 แหล่งสำคัญ คือ ความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่าง (Sampling uncertainty) และความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ (Analysis uncertainty) ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของข้อมูล ในการศึกษาครั้งนี้จึงแบ่งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องออกเป็น 2 ส่วน คือ งานวิจัยที่ศึกษาการประมาณค่าความไม่แน่นอนจากกระบวนการชักตัวอย่าง (Sampling uncertainty) และงานวิจัยที่ศึกษาการประมาณค่าความไม่แน่นอนจากกระบวนการวิเคราะห์ (Analysis uncertainty)

ในงานวิจัยที่ศึกษาการประมาณค่าความไม่แน่นอนจากกระบวนการวัด (Measurement uncertainty) ส่วนใหญ่ในงานวิจัยในประเทศไทยเป็นการศึกษาการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ (Analysis uncertainty) ซึ่งแหล่งความไม่แน่นอนมาจากแต่ละขั้นตอนของกระบวนการวิเคราะห์ภายในห้องปฏิบัติการทดสอบ ได้แก่ วิธีการวิเคราะห์ที่เลือกใช้ เครื่องมือตรวจวิเคราะห์ การเตรียมสกัดตัวอย่าง ความชำนาญการของผู้วิเคราะห์ (เกษยา และคณะ, 2548; มนูญญา และสุพจน์, 2550; จริยา และคณะ, 2550) วิธีการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการวัด ใช้หลักการตาม Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (ISO GUM Approach or Bottom-up Approach) โดยพิจารณาแหล่งความไม่แน่นอนย่อยทุกแหล่งที่มีผลต่อการวัด และมีรูปแบบการคำนวณค่าความไม่แน่นอนที่ชัดเจน ซึ่งมักนิยมประมาณค่าความไม่แน่นอนของวิธีการตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี จุลชีววิทยา หรือสารพิษปนเปื้อนในสินค้าเกษตรและอาหาร อาหารสัตว์ ยกตัวอย่างเช่น งานวิจัยของเกษยา และคณะ (2548) ทดสอบความใช้ได้ของวิธีการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในกลุ่มอาหารสัตว์ที่คิดแปลงจากวิธีมาตรฐาน ISO 6496:1999 โดยการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ในอาหารสัตว์ 6 ชนิด ได้แก่ เนื้อไก่ป่น ปลาป่นชนิดที่ 1 และชนิดที่ 2 อาหารโค อาหารไก่ และกากถั่วเหลือง เช่นเดียวกับงานวิจัยของมนูญญา และสุพจน์ (2550) ที่ศึกษาในสินค้ากลุ่มเดียวกัน โดยประมาณค่าความไม่แน่นอนของการวัดสำหรับตรวจวิเคราะห์แคดเมียมในกากถั่วเหลือง ด้วยเครื่อง ICP-OES และงานวิจัยของจริยา และคณะ (2550) ทำการประมาณค่าความไม่แน่นอนของวิธีการทดสอบสารออกโซลินิค แอซิดในเนื้อกุ้งกุลาดำสด โดยใช้วิธี High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ซึ่งงานวิจัยทั้งหมดได้ผลการ

ประมาณค่าความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นในกระบวนการวิเคราะห์ มีค่าน้อยมาก สรุปได้ว่าแหล่งความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์มีผลกระทบต่อค่าความไม่แน่นอนรวมของการวัด

นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยสนับสนุนข้อสรุปที่ว่า แหล่งความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์มีผลกระทบต่อค่าความไม่แน่นอนรวมของการวัด เนื่องจากกระบวนการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการทดสอบถูกควบคุมด้วยการประกันคุณภาพผลวิเคราะห์ จากข้อกำหนดในระบบ ISO/IEC 17025 ว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการในการดำเนินการทดสอบและสอบเทียบ ที่ให้มีการทดสอบความใช้ได้ของวิธีการวิเคราะห์ (Validation) และการสร้างแผนภูมิควบคุม (Control chart) เพื่อประกันคุณภาพผลวิเคราะห์ และเกิดการปรับปรุงวิธีการวิเคราะห์อย่างต่อเนื่อง (มนวิภา และนราพร, 2550; เกศยา และคณะ, 2550) ดังนั้น ค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ที่ประมาณได้ ใช้เป็นข้อมูลตัวเลขแสดงคุณภาพวิธีการวิเคราะห์ และสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ที่ตัดแปลงขึ้นใหม่ หรือที่ใช้งานเป็นประจำในห้องปฏิบัติการทดสอบ ให้เป็นไปในแนวทางการควบคุมและประกันคุณภาพ

จากงานวิจัยเกี่ยวกับการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ที่มีการศึกษามาเป็นระยะเวลานาน จึงทำให้มีรายละเอียดและข้อมูลตัวเลขค่อนข้างมาก ในขณะที่งานวิจัยที่ศึกษาการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่าง (Sampling uncertainty) ยังไม่มีการควบคุมวิธีการและประมาณค่าอย่างแพร่หลาย (Ambrus, 2009) เมื่อพิจารณาความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่างพบว่า เป็นแหล่งที่มีผลต่อค่าความไม่แน่นอนของการวัดมากที่สุด ซึ่งมีค่าความไม่แน่นอน สูงกว่า 2 ใน 3 ของความแน่นอนรวมทั้งหมดของการวัด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยหลายงาน เช่น อัจฉรา (2548) Ambrus (2009) และ Castanheira *et al.* (2009) เป็นต้น

การประมาณค่าการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่างนิยมใช้แผนการทดลองแบบสมดุล (Balance design) และใช้วิธีการวัดซ้ำ (Duplicates method) ใน 2 ชั้นตอน คือ การเก็บตัวอย่างซ้ำบนรุ่นสินค้าเดียวกัน และการวิเคราะห์ซ้ำของแต่ละตัวอย่าง ซึ่งแผนการทดลองและวิธีการดังกล่าวเป็นที่นิยมใช้ในการประมาณค่าความไม่แน่นอนอย่างแพร่หลาย ยกตัวอย่างเช่น Lyn *et al.* (2007) ประมาณค่าความไม่แน่นอนโดยใช้หลักการทำซ้ำใน 2 ชั้นตอน คือ ซึ่งทำการศึกษากับสินค้า 2 ชนิด คือ วิเคราะห์ความชื้นในเนยแข็ง และในเตรทในผักกาดหอม นอกจากนี้ยังเสนอการเก็บตัวอย่างต้องอย่างน้อย 8 ตัวอย่าง ซึ่งเป็นจำนวนที่เหมาะสมในการประมาณค่าความไม่แน่นอน ซึ่งการเก็บตัวอย่างที่มากกว่า 8 ตัวอย่าง ไม่แสดงถึงการลดลงของค่าความไม่แน่นอนทั้งจากการชักตัวอย่าง และการวิเคราะห์ จากงานวิจัยนี้ จึงใช้กำหนดวิธีการชัก

ตัวอย่างในทุกชนิดสินค้า โดยต้องเก็บตัวอย่างสินค้านั้นอย่างน้อย 8 ตัวอย่าง จึงจะถือว่าค่าความไม่แน่นอนที่ประมาณได้มีความถูกต้อง และน่าเชื่อถือ งานวิจัยต่อมา จึงใช้จำนวนตัวอย่าง 8 ตัวอย่างในการศึกษาการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่าง อาทิเช่น งานวิจัยของ Ambrus (2009) ซึ่งศึกษาการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่างจากการวัดสารเคมีตกค้างในสินค้ากลุ่มพืชผัก ผลไม้สด สุ่มเก็บตัวอย่าง 8 จุดในแปลงเพาะปลูกเดียวกัน และรวมตัวอย่างจากแต่ละจุดเก็บเป็นตัวอย่างรวมกอง (Composite sample) จากนั้นวิเคราะห์ค่าสารเคมีตกค้างในตัวอย่าง และประมาณค่าความไม่แน่นอนตาม EURACHEM Guide (2007) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Castanheira *et al.* (2009) ซึ่งใช้แนวทางการศึกษาเดียวกัน โดยประมาณค่าความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่างจากการตรวจวิเคราะห์ปริมาณ โซเดียม และ โพแทสเซียมในขนมปัง ผลการศึกษาจากงานวิจัยทั้งสอง สรุปว่า ค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่างมีสาเหตุจากลักษณะธรรมชาติของตัวอย่าง และขนาดหรือปริมาณของตัวอย่างที่เก็บ เมื่อประมาณค่าความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่างสินค้าทั้ง 2 กรณี พบว่า ค่าความไม่แน่นอนของสินค้าเกษตรมีค่าต่ำกว่าสินค้าขนมปัง เนื่องจากสินค้าขนมปังเป็นการวิเคราะห์ค่าตัวอย่างของแต่ละตำแหน่งต่าง ๆ ที่เก็บในรุ่นการผลิต ส่วนสินค้าเกษตรเป็นการวิเคราะห์ค่าจากตัวอย่างรวมกลุ่ม ซึ่งได้จากตัวอย่างรวมกองของตัวอย่างย่อยที่นำมาจากตำแหน่งต่าง ๆ ในรุ่นการผลิต ดังนั้น จึงทำให้ได้ค่าความไม่แน่นอนต่ำเมื่อเทียบกับปัจจัยความคลาดเคลื่อนของตำแหน่ง

การศึกษาการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่างสามารถนำไปประเมินและปรับแผนการชักตัวอย่าง (Sampling plan) ได้ ซึ่งจากงานวิจัยของ Whitaker *et al.* (2007) ได้ประเมินค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่าง ackee fruit บรรจุกระป๋อง จากการตรวจวิเคราะห์สาร Hypoglycin A (HGA) ซึ่งเป็นสารพิษตกค้างในเนื้อผล (arils) และเมมเบรน (Membrane) ของ ackee fruit ที่ยังไม่สุก ซึ่งผลการศึกษา พบความสัมพันธ์ของค่าความไม่แน่นอนของการวัด การสุ่มตัวอย่าง และการวิเคราะห์ จะมีค่าสูงขึ้นตามค่าความเข้มข้นของสาร เมื่อประเมินประสิทธิภาพของแผนการสุ่มตัวอย่าง โดยใช้ OC curve วัดประสิทธิภาพของแผนการสุ่มตัวอย่างรูปแบบต่าง ๆ และใช้ตัวชี้วัดคือความเสี่ยงของผู้ผลิตและความเสี่ยงของผู้บริโภค ผลการศึกษาพบว่า เมื่อเพิ่มจำนวนตัวอย่างสุ่มเก็บ ในแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคุณลักษณะและเชิงผันแปร จะช่วยลดความเสี่ยงทั้งในผู้ผลิตและผู้บริโภคให้อยู่ในระดับสมมูลได้ และเมื่อเพิ่มระดับการยอมรับ/ปฏิเสธ (Ac/Re limit) ในแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงผันแปร จะช่วยลดความเสี่ยงของผู้ผลิต แต่ทำให้ความเสี่ยงของผู้บริโภคเพิ่มขึ้น ซึ่งแผนการสุ่มตัวอย่างที่ดีต้องจัดการความเสี่ยงให้เป็นที่ยอมรับได้ทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภค คือมีความเสี่ยงอยู่ในระดับที่สมมูลกัน

ด้วยความสำคัญของค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่าง จึงมีความจำเป็นต้องมีการควบคุมและประกันคุณภาพวิธีการชักตัวอย่าง โดยแนะนำให้เชื่อมโยงข้อมูลจากการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ เพื่อใช้ในการพิจารณาแหล่งความไม่แน่นอน และให้ประมาณค่าความไม่แน่นอนของการวัด โดยรวมค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่างและการวิเคราะห์เข้าด้วยกัน เพื่อสร้างความเชื่อมั่นในผลการตัดสินใจคุณภาพรุ่นสินค้า และเพื่อป้องกันความเหมาะสมของวิธีการชักตัวอย่างที่ใช้งาน ควรพิจารณาค่าความไม่แน่นอนที่ระดับดังกล่าว ให้สอดคล้องกับสถานการณ์ระดับค่าเฉลี่ยในสินค้าปัจจุบันเทียบกับเกณฑ์ค่าควบคุมของสินค้าชนิดนั้น ในกรณีที่รวมค่าเฉลี่ยในสินค้ากับค่าความไม่แน่นอนที่ระดับสูง แล้วทำให้ระดับค่าเฉลี่ยของสินค้ามีแนวโน้มออกนอกขอบเขตค่าควบคุมหรือไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ควรมีการพิจารณาปรับวิธีการชักตัวอย่าง เช่น การเพิ่มจำนวนตัวอย่าง หรือเพิ่มปริมาณตัวอย่างที่เก็บ เพื่อลดค่าความไม่แน่นอนที่เกิดจากการชักตัวอย่าง ซึ่งกรณีดังกล่าวนี้ต้องพิจารณาถึงข้อกำหนดในการลงทุนที่เพิ่มขึ้นจากการปรับวิธีการชักตัวอย่าง (อัจฉรา, 2548; Ramsey, 1998; Ramsey and Thomson, 2007)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal computer)
2. โปรแกรม Microsoft Excel 2003
3. อุปกรณ์การเก็บตัวอย่าง (Sampling equipment)
 - 3.1 อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างอาหารสัตว์
 - ทัพพีตักตัวอย่างที่สะอาดหรือล้างมาเชื้อ
 - ถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน (Polyethylene : PE) แบบมีซิปปิดขนาด 8 x 12 นิ้ว สำหรับบรรจุตัวอย่าง
 - ถุงพลาสติกแบบมีหูหิ้ว สำหรับรวบรวมถุงบรรจุตัวอย่าง
 - ปากกาเคมี (Permanent marker) สำหรับเขียนบันทึก
 - กระดาษปิดติดฉลากรหัสตัวอย่าง
 - 3.2 อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างผลไม้กระป๋อง
 - ก่องกระดาษลูกฟูก สำหรับรวบรวมตัวอย่าง
 - ปากกาเคมี (Permanent marker) สำหรับเขียนบันทึก
 - กระดาษปิดติดฉลากรหัสตัวอย่าง

วิธีการ

1. ศึกษาหลักการการชักตัวอย่างสินค้าเกษตรและอาหาร และหลักการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่าง

ในเบื้องต้นได้มีการศึกษาและรวบรวมเอกสาร บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมคุณภาพสินค้าเกษตรและอาหาร มาตรฐานระบบการตรวจสอบด้วยการชักตัวอย่างเพื่อการ

ยอมรับ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการชักตัวอย่าง และหลักการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่าง เพื่อสรุปหลักการและวิธีการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่าง สำหรับวางแผนการศึกษา

2. ศึกษาแนวทางการพัฒนาวิธีการชักตัวอย่างตามหลักประกันคุณภาพ เพื่อสรุปหลักการและแนวทางดำเนินการ

ศึกษาทิศทางของมาตรฐานสากลต่อการพัฒนาวิธีการชักตัวอย่างตามหลักประกันคุณภาพ ดำเนินการรวบรวมข้อมูลจากเอกสารวิชาการ และบทความที่เกี่ยวข้องกับหลักการประกันคุณภาพ วิธีการชักตัวอย่าง เพื่อนำข้อมูลมาสรุปประเด็นและแนวทางดำเนินการสร้างวิธีชักตัวอย่างตามหลักประกันคุณภาพ

3. ศึกษาภาพรวมอุตสาหกรรมสินค้าเกษตรและอาหาร และวิธีการชักตัวอย่างในสินค้าเพื่อใช้ในการเลือกสินค้ากรณีศึกษา

ศึกษาสถานการณ์ปัจจุบันของสินค้าที่จะใช้เป็นตัวแทนในการศึกษา โดยมีข้อกำหนดแนวทางในการเลือกชนิดสินค้ากรณีศึกษา คือ เป็นชนิดสินค้าที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ และกำลังมีแนวโน้มการขยายตัวของปริมาณและมูลค่าการส่งออกเพิ่มสูงขึ้น โดยชนิดสินค้าที่เลือกใช้ต้องมีวิธีการเก็บตัวอย่างที่เป็นมาตรฐานหรือมีแนวทางปฏิบัติของหน่วยงานที่รับผิดชอบ และการทดสอบพารามิเตอร์ต้องวิเคราะห์โดยห้องปฏิบัติการที่ได้การรับรองมาตรฐานห้องปฏิบัติการทดสอบ ISO/IEC 17025 และเข้าร่วมประเมินความสามารถของห้องปฏิบัติการแล้ว (Proficiency Testing; PT)

วิธีการในการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสารวิชาการ บทความ และรายงานการวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการชักตัวอย่างสินค้า โดยรวบรวมข้อมูลจากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลและสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ที่มีหน้าที่รับผิดชอบการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ พร้อมทั้งศึกษาสภาพกระบวนการผลิตและสถานการณ์สินค้ากรณีศึกษาในอุตสาหกรรมปัจจุบัน จากการสัมภาษณ์ตัวแทนภาคอุตสาหกรรม รวมถึงการปรึกษาและประสานงานระหว่างภาคหน่วยงานการกำกับมาตรฐานสินค้า เพื่อใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนในการจัดทำเอกสารแนวทางการสร้างวิธีการชักตัวอย่าง สำหรับใช้เป็นคู่มือการปฏิบัติงานการควบคุมมาตรฐานสินค้า

4. กำหนดแผนการทดลอง เพื่อการประมาณค่าความไม่แน่นอนในสินค้ากรณีศึกษา

4.1 สินค้าที่เลือกใช้เป็นกรณีศึกษา

จากการศึกษาภาพรวมอุตสาหกรรมสินค้าเกษตรและอาหาร และวิธีการชักตัวอย่างในสินค้า สรุปสินค้าที่เลือกใช้เป็นกรณีศึกษา 2 ชนิด ซึ่งเป็นชนิดสินค้าที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย และเป็นตัวแทนของสินค้าที่มีคุณลักษณะของตัวสินค้าแตกต่างกัน สรุปสินค้าที่เลือกใช้เป็นกรณีศึกษา ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สรุปชนิดสินค้าที่เลือกใช้เป็นกรณีศึกษา

ชนิดสินค้า	ขนาดบรรจุ	พารามิเตอร์ที่ใช้วัด	เกณฑ์ควบคุม
1. อาหารไก่ชนิดเม็ด	60 กิโลกรัม/ถุง	โปรตีนในน้ำแห้ง (%)	$\geq 16 \pm 0.52\%$ (15.48-16.52)
2. ผลไม้รวมในน้ำเชื่อม บรรจุกระป๋อง	น้ำหนักสุทธิ 234 กรัม/กระป๋อง น้ำหนักเนื้อ 140 กรัม/กระป๋อง	ความเป็นกรดรวม ในเนื้อและน้ำ (%)	$\leq 0.7\%$

4.2 กำหนดแผนการทดลอง

งานวิจัยนี้วางแผนการทดลองแบบ Two-split level Replication Design เป็นการทำการซ้ำ 2 ขั้นตอน โดย ขั้นตอนแรก คือ การเก็บตัวอย่างซ้ำ (Sampling replicate) โดยเก็บตัวอย่างจากแต่ละจุดปัจจัยเป้าหมาย 2 ตัวอย่าง S_1 และ S_2 ซึ่งอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกัน และขั้นตอนที่สอง คือ การวิเคราะห์ซ้ำ (Analysis replicate) ของแต่ละตัวอย่าง เป็น A_1 และ A_2 ตามลำดับ สำหรับปัจจัยที่ศึกษาความคลาดเคลื่อนของการวัดกำหนดไว้ 2 ชนิด คือ

ปัจจัยที่ 1 ความคลาดเคลื่อนจากตำแหน่งตัวอย่าง (Validation in space of lot) โดยสุ่มเก็บตัวอย่างจากตำแหน่งต่าง ๆ (Sampling target) บนรุ่นสินค้าเดียวกันอย่างน้อย 8 จุดต่อ 1 รุ่น แต่ละจุดเก็บ 2 ตัวอย่าง และวิเคราะห์ค่าตัวอย่างละ 2 ซ้ำ

ปัจจัยที่ 2 อิทธิพลของเวลาผลิต (Validation in time of lot produced) โดยสุ่มเก็บ ตัวอย่างจากเวลาการผลิตต่างๆ บนรุ่นสินค้าชนิดหนึ่งที่มีกระบวนการผลิตเดียวกันอย่างน้อย 8 รุ่น ($i = 1, 2, \dots, 8$) สุ่มเก็บตัวอย่างซ้ำ โดยตัวอย่างแต่ละตัวเป็นตัวอย่างรวมกอง (Composite sample) จากการสุ่มเก็บตัวอย่างจากจุดต่าง ๆ ในรุ่นอย่างน้อย 8 จุดย่อย (Increment sample) วิเคราะห์ค่า ตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ในแต่ละตัวอย่างตามลำดับ

4.3 การจัดการข้อมูล

4.3.1 การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

ดำเนินการจัดการข้อมูลตามแผนการทดลองที่กำหนดขึ้น และวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นด้วยโปรแกรม Microsoft Excel โดยการพรรณนาสถิติ (Statistical Description) ได้แก่ การหาค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ที่ใช้วัดในตัวอย่าง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน การประมาณช่วงความเชื่อมั่น 95% และการวิเคราะห์ความสม่ำเสมอ (Homogeneity) ของการกระจายค่าวิเคราะห์ในตัวอย่างที่สุ่มเก็บ ในแต่ละรุ่นสินค้า ใช้สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบความใช้ได้ของวิธีการ (Sampling Validation) ในปัจจัยความคลาดเคลื่อนจากตำแหน่งต่าง ๆ (Validation in space) และอิทธิพลของเวลาผลิตที่แตกต่างกันในรุ่นสินค้า (Validation in time) ทำการทดสอบความสม่ำเสมอของข้อมูล ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance หรือ ANOVA) มีสมมติฐานทดสอบ ดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ของตัวอย่างที่สุ่มเก็บจากตำแหน่งสินค้า/เวลาผลิตที่แตกต่างในรุ่นสินค้า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

H_1 : ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ของตัวอย่างที่สุ่มเก็บจากตำแหน่งสินค้า/เวลาผลิตที่แตกต่างในรุ่นสินค้ามีความแตกต่างกันทางสถิติ

สรุปผลการทดสอบสมมติฐานที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.05 ในกรณีที่มีการปฏิเสธสมมติฐานหลัก ให้เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าวิเคราะห์ด้วยวิธี Least Significant Difference

4.3.2 การเตรียมข้อมูลสำหรับประมาณค่าความไม่แน่นอน

ผลการวิเคราะห์ค่าในตัวอย่าง (x_{ijk}) จากการเก็บตัวอย่าง 2 ซ้ำ ($j = 1, 2$) บนตำแหน่งเป้าหมาย (Sampling target) 8 ตำแหน่งในตัวอย่างอาหารไก่ และ 10 ตำแหน่ง ในตัวอย่างผลไม้รวมบรรจุกระป๋อง จำนวนรุ่นสินค้า 10 รุ่น (i หมายถึง จำนวนตำแหน่งหรือรุ่น) และวิเคราะห์ตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ($k = 1, 2$) จะได้ข้อมูลดิบทั้งสิ้น $8 \times 2 \times 2 = 32$ ข้อมูลต่อแผนการทดลอง ซึ่งแสดงรูปแบบการบันทึกข้อมูลตามแผนการทดลอง ดังตารางที่ 4 และ 5 ข้อมูลผลวิเคราะห์ค่าโปรตีนในอาหารไก่แสดงในตารางภาคผนวกที่ ก และค่าความเป็นกรดในผลไม้รวมบรรจุกระป๋องแสดงในตารางภาคผนวกที่ ข

ตารางที่ 4 ตารางบันทึกผลวิเคราะห์สำหรับประมาณค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่าง กรณีการทำ Validation in space

Rep# (Lot)	Sample 1 (S_1)			Mean	Sample 2 (S_2)			Mean	Range of measurement
	A_1	A_2	Range of analysis	1	A_1	A_2	Range of analysis	2	
1	x_{111}	x_{112}	$D_{11} = x_{111} - x_{112} $	\bar{x}_{11}	x_{121}	x_{122}	$D_{12} = x_{121} - x_{122} $	\bar{x}_{12}	$D_1 = \left \bar{x}_{11} - \bar{x}_{12} \right $
2	x_{211}	x_{212}	$D_{21} = x_{211} - x_{212} $	\bar{x}_{21}	x_{221}	x_{222}	$D_{22} = x_{221} - x_{222} $	\bar{x}_{22}	$D_2 = \left \bar{x}_{21} - \bar{x}_{22} \right $
.
.
i	x_{i11}	x_{i12}	$D_{i1} = x_{i11} - x_{i12} $	\bar{x}_{i1}	x_{i21}	x_{i22}	$D_{i2} = x_{i21} - x_{i22} $	\bar{x}_{i2}	$D_i = \left \bar{x}_{i1} - \bar{x}_{i2} \right $
($i > 8$)									
Average			$\bar{D}_{i1} = \frac{\sum D_{i1}}{n}$				$\bar{D}_{i2} = \frac{\sum D_{i2}}{n}$		$\bar{D} = \frac{\sum D_i}{n}$

หมายเหตุ ผลการวิเคราะห์ค่าในตัวอย่าง ใช้สัญลักษณ์ x_{ijk}

โดยที่ i คือ จำนวนตำแหน่งตัวอย่างที่เก็บบนรุ่นสินค้าเดียวกัน ซึ่ง

$i = 1, 2, \dots, 8$ กรณีเก็บตัวอย่างอาหารไก่ และ

$i = 1, 2, \dots, 10$ กรณีเก็บตัวอย่างผลไม้กระป๋อง

j คือ จำนวนตัวอย่างซ้ำที่มีจุดเก็บใกล้เคียงกัน ซึ่ง $j = 1, 2$

k คือ จำนวนการวิเคราะห์ตัวอย่าง ซึ่ง $k = 1, 2$

ตารางที่ 5 ตารางบันทึกผลวิเคราะห์สำหรับประมาณค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่าง กรณี
การทำ Validation in time

Rep# (Lot)	Sample 1 (S ₁)			Mean	Sample 2 (S ₂)			Mean	Range of measurement
	A ₁	A ₂	Range of analysis	1	A ₁	A ₂	Range of analysis	2	
1	x ₁₁₁	x ₁₁₂	D ₁₁ = x ₁₁₁ - x ₁₁₂	\bar{x}_{11}	x ₁₂₁	x ₁₂₂	D ₁₂ = x ₁₂₁ - x ₁₂₂	\bar{x}_{12}	D ₁ = $\left \bar{x}_{11} - \bar{x}_{12} \right $
2	x ₂₁₁	x ₂₁₂	D ₂₁ = x ₂₁₁ - x ₂₁₂	\bar{x}_{21}	x ₂₂₁	x ₂₂₂	D ₂₂ = x ₂₂₁ - x ₂₂₂	\bar{x}_{22}	D ₂ = $\left \bar{x}_{21} - \bar{x}_{22} \right $
.
i	x _{i11}	x _{i12}	D _{i1} = x _{i11} - x _{i12}	\bar{x}_{i1}	x _{i21}	x _{i22}	D _{i2} = x _{i21} - x _{i22}	\bar{x}_{i2}	D _i = $\left \bar{x}_{i1} - \bar{x}_{i2} \right $
(i>8)									
Average			$\bar{D}_{i1} = \frac{\sum D_{i1}}{n}$				$\bar{D}_{i2} = \frac{\sum D_{i2}}{n}$		$\bar{D} = \frac{\sum D_i}{n}$

หมายเหตุ ผลการวิเคราะห์ค่าในตัวอย่าง ใช้สัญลักษณ์ x_{ijk}

โดยที่ i คือ จำนวนตำแหน่งรุ่นสินค้าที่มีกระบวนการผลิตเดียวกัน ซึ่ง

i = 1, 2, ..., 10 กรณีเก็บตัวอย่างอาหารไก่ และผลไม้กระป๋อง

j คือ ตัวอย่างรวมกอง (Composite sample) ที่เก็บจากแต่ละจุดอย่างน้อย

8 จุดในรุ่นสินค้า ซึ่ง j = 1, 2

k คือ จำนวนการวิเคราะห์ตัวอย่าง ซึ่ง k = 1, 2

5. การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ การชักตัวอย่าง และการวัดค่าในตัวอย่าง

การประมาณค่าความไม่แน่นอนในตัวอย่าง ใช้หลักสถิติพิสัย (Range Statistics) คำนวณค่าเบี่ยงมาตรฐานมาตรฐาน (Standard Deviation; S) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (Relative Standard Deviation; RSD) ข้อมูลที่ได้จากแผนการทดลองที่กำหนด โดยวิธีการคำนวณใช้หลักการตามคู่มือ Nordtest Handbook (2007) แสดงตัวอย่างการคำนวณค่าความไม่แน่นอนในตัวอย่างสินค้าจากกรณีการทดสอบ Validation in space และ Validation in time ซึ่งค่าความไม่แน่นอนที่ประมาณได้จะคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ที่วัดได้ในตัวอย่าง ตัวอย่างการคำนวณกรณีศึกษาสินค้าอาหารไก่ชนิดเม็ด แสดงในตารางภาคผนวกที่ ก3 และ ก4 และกรณีศึกษาสินค้าผลไม้รวมในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง แสดงในตารางภาคผนวกที่ ข3 และ ข4

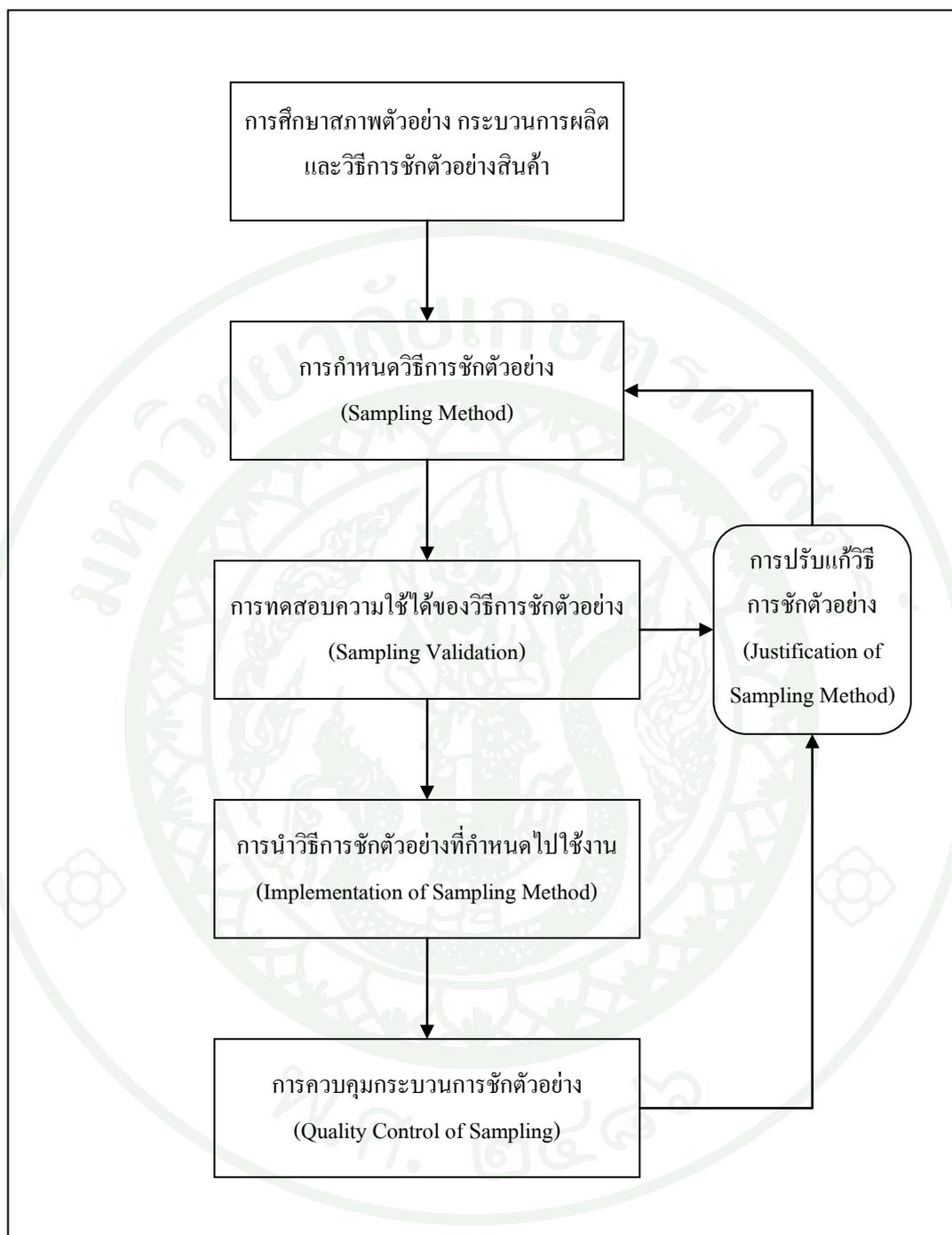
6. การบ่งชี้ความเหมาะสมของวิธีการชักตัวอย่างที่ใช้งาน (fit of use) บนสินค้าในปัจจุบัน

ศึกษาเกณฑ์ค่าควบคุม (Specification limit) แต่ละชนิดสินค้ากรณีศึกษา และสรุปค่าความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นจริงจากการเก็บตัวอย่างที่ใช้ในปัจจุบัน โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ที่วัดได้ในตัวอย่างรวมกับค่าความไม่แน่นอนของการวัด (Measurement uncertainty) ที่เกิดจากการใช้วิธีการชักตัวอย่างสินค้าที่กำหนด เทียบกับเกณฑ์ค่าควบคุมสินค้าแต่ละชนิด เพื่อสรุปความเหมาะสมของวิธีการชักตัวอย่างที่ใช้อยู่เป็นประจำกับสถานการณ์สินค้าในอุตสาหกรรมปัจจุบัน

7. ออกแบบบันทึกกระบวนการชักตัวอย่างสินค้ากรณีศึกษาตามหลักประกันคุณภาพ

ศึกษาข้อมูลสถานการณ์ของระดับสินค้าในอุตสาหกรรมในปัจจุบัน กระบวนการผลิต และวิธีการชักตัวอย่างที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน แล้วกำหนดวิธีการชักตัวอย่างให้สอดคล้องกับการปฏิบัติงานจริงที่สามารถเป็นไปได้ ซึ่งระบุขั้นตอนตั้งแต่การวางแผนการชักตัวอย่าง การเตรียมอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง การกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง การเตรียม การจัดเก็บ และการขนส่งตัวอย่างสู่ห้องปฏิบัติการทดสอบ จากนั้นประเมินความน่าเชื่อถือของวิธีการชักตัวอย่าง โดยการทดสอบความใช้ได้ของวิธีการชักตัวอย่าง (Sampling validation) จากการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่าง (Sampling uncertainty) เปรียบเทียบค่าความไม่แน่นอนที่ยอมรับได้จากการวัดค่า (Measurement uncertainty) และสรุปความเหมาะสมของวิธีการชักตัวอย่างที่พัฒนาขึ้น รวมถึงปรับแก้วิธีการชักตัวอย่างให้สอดคล้องกับสถานการณ์ของระดับสินค้าในอุตสาหกรรม และทำการออกแบบบันทึกกระบวนการชักตัวอย่าง เพื่อนำไปใช้อ้างอิงในการปฏิบัติงาน และใช้เป็นข้อมูลแนวทางปรับปรุงแก้ไข และพัฒนาวิธีการชักตัวอย่างตามหลักประกันคุณภาพต่อไป

ขั้นตอนการพัฒนาวิธีการชักตัวอย่างตามหลักประกันคุณภาพแสดงดังภาพที่ 16 เพื่อนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางการสร้างวิธีการชักตัวอย่างสินค้าตามหลักประกันคุณภาพ



ภาพที่ 16 ขั้นตอนการพัฒนาวิธีการชักตัวอย่างตามหลักประกันคุณภาพ

ผลและวิจารณ์

การรายงานผลการศึกษา แบ่งเป็น 2 ส่วนตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย โดยส่วนแรก คือ การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่างสินค้ากรณีศึกษา เพื่อทดสอบความใช้ได้ของวิธีการชักตัวอย่าง (Sampling Validation) และชี้บ่งความเหมาะสมของวิธีการชักตัวอย่าง (fit of use) ที่ใช้ในงานในปัจจุบัน และส่วนที่สอง คือ การสรุปแบบบันทึกเพื่อพัฒนาวิธีการชักตัวอย่างสินค้ากรณีศึกษาตามหลักการประกันคุณภาพให้สอดคล้องกับสถานการณ์จริง และสามารถปฏิบัติได้

1. ประมาณค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่างสินค้ากรณีศึกษา เพื่อทดสอบความใช้ได้ของวิธีการชักตัวอย่าง (Sampling Validation) และชี้บ่งความเหมาะสมของวิธีการชักตัวอย่าง (Fit of use) ที่ใช้ในงานในปัจจุบัน

การทดสอบความใช้ได้ของวิธีการชักตัวอย่าง (Sampling validation) ตามแผนการวิจัย จากการศึกษาปัจจัยความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งต่าง ๆ (Validation in space) และปัจจัยอิทธิพลของเวลาผลิตที่แตกต่างกันในรุ่นสินค้า (Validation in time) ทำให้ได้ข้อมูลเพื่อนำไปประมาณค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่าง (Sampling uncertainty) ซึ่งแสดงผลการทดสอบข้อมูลเบื้องต้น และผลการประมาณค่าความไม่แน่นอน ดังนี้

1.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นเพื่อทดสอบความสม่ำเสมอ (Homogeneity) ของการกระจายค่าวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์โปรตีนในตัวอย่างที่สุ่มเก็บในแต่ละรุ่นสินค้า จากปัจจัยความคลาดเคลื่อนจากตำแหน่งต่าง ๆ (Validation in space) และอิทธิพลของเวลาผลิตที่แตกต่างกันในรุ่นสินค้า (Validation in time) ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance หรือ ANOVA) และสรุปความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงรายละเอียดผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นในตัวอย่างสินค้าอาหารไก่ชนิดเม็ด และผลไม้รวมในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง ในตารางภาคผนวกที่ ก5 และ ข5 ตามลำดับ ซึ่งสามารถสรุปผลการทดสอบดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบความสม่ำเสมอ (Homogeneity) ของข้อมูล

ชนิดสินค้า	พารามิเตอร์ ที่ใช้วัด	ปัจจัยทดสอบ ความใช้ได้ (Validation)	ค่าเฉลี่ย พารามิเตอร์ (%)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	P-Value
1. อาหารไก่ ชนิดเม็ด	โปรตีนใน น้ำหนักแห้ง	ตำแหน่ง (Space)	16.25-16.65	0.093-1.77	0.06-0.92
		เวลาผลิต (Time)	16.55	0.115	0.087
2. ผลไม้รวม ในน้ำเชื่อม บรรจุกระป๋อง	ความเป็น กรดในเนื้อ และน้ำ	ตำแหน่ง (Space)	0.50-0.54	0.013-0.023	0.06-0.4
		เวลาผลิต (Time)	0.5	0.012	0.147

จากตารางที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น ซึ่งจากการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์โปรตีนในตัวอย่างอาหารไก่ชนิดเม็ด 10 รุ่นการผลิต จากปัจจัยความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งสินค้า (Validation in space) มีค่าเฉลี่ยโปรตีนอยู่ระหว่าง 16.25-16.65% ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0.093-1.77 และ P-Value มีค่าอยู่ระหว่าง 0.06-0.92 จากการศึกษาปัจจัยเวลาผลิต (Validation in time) ให้ค่าเฉลี่ยโปรตีน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ P-Value เท่ากับ 16.55% 0.115 และ 0.087 ตามลำดับ

สำหรับการวิเคราะห์ความเป็นกรดในตัวอย่างผลไม้รวมในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง 10 รุ่นการผลิต ผลการศึกษาจากปัจจัยความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งสินค้า (Validation in space) มีค่าเฉลี่ยความเป็นกรดอยู่ระหว่าง 0.50-0.54% ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0.013-0.023 และ P-Value มีค่าอยู่ระหว่าง 0.06-0.4 จากการศึกษาปัจจัยเวลาผลิต (Validation in time) ให้ค่าเฉลี่ยโปรตีน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ P-Value เท่ากับ 0.5% 0.012 และ 0.147 ตามลำดับ

ผลการทดสอบความสม่ำเสมอ (Homogeneity) ของค่าเฉลี่ยโปรตีนในตัวอย่างอาหารไก่ชนิดเม็ด และค่าเฉลี่ยความเป็นกรดในตัวอย่างผลไม้รวมในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง 10 รุ่นการผลิต จากปัจจัยความคลาดเคลื่อนของตำแหน่ง และเวลาผลิต โดยเปรียบเทียบค่า P-Value ที่ระดับ

นัยสำคัญ 0.05 พบว่า P-Value ของทั้ง 2 ชนิดสินค้ามีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ของทั้ง 2 ชนิดสินค้า ไม่มีความแตกต่างกันภายในตำแหน่งต่าง ๆ ของรุ่นการผลิตเดียวกัน และระหว่างรุ่นที่เวลาผลิตต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

1.2 ผลการประมาณค่าความความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ การชักตัวอย่าง และการวัด

การประมาณค่าความความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ การชักตัวอย่าง และการวัด โดยคำนวณค่าความไม่แน่นอนจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ด้วยค่าสถิติพิสัย (Statistic Range) ตามแผนการทดลอง แสดงรายละเอียดผลการประมาณค่าความไม่แน่นอนในตัวอย่างสินค้าอาหารไก่ชนิดเม็ด และผลไม้รวมในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง ในตารางภาคผนวกที่ ก6 และ ข6 ตามลำดับ ซึ่งสามารถสรุปผลการประมาณค่า ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการประมาณค่าความไม่แน่นอนจากวิธีการวิเคราะห์ การชักตัวอย่าง และการวัด

ชนิดสินค้า	พารามิเตอร์ที่ใช้วัด	เกณฑ์ค่าควบคุม (%)	ปัจจัยทดสอบความใช้ได้	ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ (%)	U_{Analysis} (%ของค่าเฉลี่ย)	U_{Sampling} (%ของค่าเฉลี่ย)	$U_{\text{Measurement}}$ (%ของค่าเฉลี่ย)
1. อาหารไก่ชนิดเม็ด	โปรตีนในน้ำหนักแห้ง	$\geq 16 \pm 0.52$ (15.48-16.52)	ตำแหน่ง (Space)	16.25-16.65	0.62-1.40	1.16-2.24	1.31-2.31
			เวลาผลิต (Time)	16.55	0.79	1.36	1.47
2. ผลไม้รวมบรรจุกระป๋อง	ความเป็นกรดในเนื้อและน้ำ	≤ 0.7	ตำแหน่ง (Space)	0.50-0.54	1.37-3.98	5.57-9.74	6-10
			เวลาผลิต (Time)	0.5	1.29	5.13	5.21

จากตารางที่ 7 การวิเคราะห์ค่าโปรตีนในตัวอย่างอาหารไก่ชนิดเม็ด จำนวน 10 รุ่น จากการศึกษายิงจับความคลาดเคลื่อนของตำแหน่ง (Validation in space) พบว่า ค่าความไม่แน่นอนจากการวิเคราะห์ (U_{Analysis}) มีค่าอยู่ในช่วง 0.62-1.40% ค่าความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่าง (U_{Sampling}) มีค่าอยู่ในช่วง 1.16-2.24% และค่าความไม่แน่นอนจากการวัด ($U_{\text{Measurement}}$) มีค่าอยู่ในช่วง

1.31-2.31% จากปัจจัยความคลาดเคลื่อนของเวลาผลิต (Validation in time) มีค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ การชักตัวอย่าง และการวัด เท่ากับ 0.79% 1.36% และ 1.47% ตามลำดับ

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดในตัวอย่างผลไม้รวมในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง จำนวน 10 รุ่น จากการศึกษาปัจจัยความคลาดเคลื่อนของตำแหน่ง (Validation in space) พบว่า ค่าความไม่แน่นอนจากการวิเคราะห์ (U_{Analysis}) มีค่าอยู่ในช่วง 1.37-3.98% ค่าความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่าง (U_{Sampling}) มีค่าอยู่ในช่วง 5.57-9.74% และค่าความไม่แน่นอนจากการวัด ($U_{\text{Measurement}}$) มีค่าอยู่ในช่วง 6-10% จากปัจจัยความคลาดเคลื่อนของเวลาผลิต (Validation in time) มีค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ การชักตัวอย่าง และการวัด เท่ากับ 1.29% 5.13% และ 5.21% ตามลำดับ

การศึกษาปัจจัยทดสอบความใช้ได้ของทั้ง 2 ชนิดสินค้า พบว่า ปัจจัยความคลาดเคลื่อนของเวลาผลิตสินค้า ให้ค่าความไม่แน่นอนต่ำกว่าปัจจัยตำแหน่งสินค้า เนื่องจากการวิเคราะห์ค่าจากตัวอย่างรวมกลุ่ม ซึ่งได้จากตัวอย่างรวมกองของตัวอย่างย่อยที่นำมาจากตำแหน่งต่าง ๆ ในรุ่น จึงทำให้ได้ค่าความไม่แน่นอนต่ำเมื่อเทียบกับปัจจัยความคลาดเคลื่อนของตำแหน่ง

การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่างสินค้าอาหารไก่ชนิดเม็ดบรรจุกระสอบ และผลไม้รวมในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง แสดงข้อมูลดังตารางที่ 7 แหล่งที่มีผลต่อความไม่แน่นอนของการวัดมากที่สุด คือ ความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่าง เมื่อพิจารณาค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่าง ซึ่งเป็นสัดส่วนมากกว่า 2 ใน 3 ของค่าความไม่แน่นอนรวมที่ประมาณได้จากกระบวนการวัดทั้งหมด ขนาดของความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่างใหญ่กว่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ เนื่องจากค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ สามารถกำหนดปัจจัยควบคุมความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นภายในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ได้ ซึ่งห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ส่วนใหญ่มีระบบควบคุมภายใน (Internal quality) วิธีการควบคุมคุณภาพของขั้นตอนวิธีการวิเคราะห์ การทดสอบความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่น (Validity and Reliability) การสร้างแผนภูมิควบคุมค่าวิเคราะห์ (Control chart for quality control of analysis) และการควบคุมคุณภาพภายนอก (External quality control) โดยการเข้าร่วมการทดสอบความชำนาญ (Proficiency test) ในขณะที่ความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่าง เป็นความคลาดเคลื่อนวิธีการสุ่มเก็บตัวอย่าง การผสมรวมตัวอย่างไม่เป็นเนื้อเดียวกัน และการแบ่งลดปริมาณตัวอย่าง รวมทั้งธรรมชาติของตัวสินค้า (Nature of commodities) ที่ส่งผลต่อความไม่สม่ำเสมอของรุ่นสินค้า (Heterogeneity of lot) จากความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในกระบวนการชักตัวอย่างนั้นยากต่อการควบคุม จึงทำให้สัดส่วนของความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่างมีมากกว่าค่าความไม่แน่นอนจากการวิเคราะห์ อย่างไรก็ตาม

การลดระดับค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่าง สามารถทำได้ด้วยการปรับวิธีการชักตัวอย่าง เช่น การเพิ่มจำนวนตัวอย่าง หรือเพิ่มปริมาณตัวอย่างที่เก็บ เป็นต้น

การตัดสินใจการใช้ได้ของวิธีการชักตัวอย่างสินค้า ว่ามีความเหมาะสมต่อการใช้งานหรือไม่ จากการเปรียบเทียบค่าความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่าง (U_{Sampling}) ในสินค้าทั้งสองชนิดคือ อาหารไก่ชนิดเม็ดบรรจุกระสอบ และผลไม้รวมในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง พบว่า ค่าความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่าง เพื่อวัดค่าความเป็นกรดในผลไม้กระป๋อง มีค่ามากกว่าค่าความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่าง เพื่อวัดปริมาณโปรตีนในอาหารสัตว์อัดเม็ด ซึ่งสามารถอธิบายได้จากคุณลักษณะของสินค้าด้านความสม่ำเสมอที่แตกต่างกัน การวัดค่าโปรตีนในอาหารไก่ชนิดเม็ด มีค่าความไม่แน่นอนของการวัดและการชักตัวอย่างค่อนข้างต่ำ เนื่องจากการกระจายของสินค้าภายในรุ่นการผลิตอาหารสัตว์มีความสม่ำเสมอมาก บอกลถึงการผสมวัตถุดิบแต่ละชนิดเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneity in production lot) และผ่านกระบวนการอัดเม็ดที่ทำให้ความคงที่ของเม็ดอาหารสัตว์สูง ทำให้อาหารสัตว์ที่ผลิตได้มีความสม่ำเสมอค่อนข้างสูง ในรุ่นสินค้า ค่าความไม่แน่นอนที่ประมาณได้จากการชักตัวอย่างจึงมีค่าเพียง 1-2% ของค่าเฉลี่ยโปรตีนที่วัดได้ จากค่าความไม่แน่นอนที่ประมาณได้จากการวัดปัจจัยความคลาดเคลื่อนตำแหน่ง และเวลาผลิตที่แตกต่างกันในรุ่นสินค้า จำนวน 10 รุ่น มีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 1-2% จากมาตรฐานคุณภาพของอาหารไก่ชนิดเม็ดกำหนดเกณฑ์ควบคุมค่าโปรตีนต้องไม่ต่ำกว่า 15.48% เนื่องจากผลการวัดค่าเฉลี่ยโปรตีนในตัวอย่างจากรุ่นสินค้า จำนวน 10 รุ่น มีค่าอยู่ระหว่าง 16.25-16.65% ซึ่งอยู่ในช่วงเกณฑ์ควบคุม ดังนั้น การใช้วิธีการชักตัวอย่างตามที่กำหนดในปัจจุบันมีความเหมาะสมกับการใช้งาน (Fit of use)

ในขณะที่การวัดค่าความเป็นกรดในผลไม้รวมในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง ซึ่งค่าความไม่แน่นอนของการวัดและการชักตัวอย่างค่อนข้างสูง เนื่องจากธรรมชาติของสินค้าผลไม้รวมบรรจุกระป๋อง มีส่วนประกอบของผลไม้หลายชนิด และลักษณะชิ้นของผลไม้ ส่งผลให้ระดับความเป็นกรดแตกต่างกัน ทำให้มีความสม่ำเสมอค่อนข้างต่ำภายในรุ่นสินค้า (Heterogeneity of lot) ค่าความไม่แน่นอนของค่าความเป็นกรดจึงมีค่าสูง 6-10% ของค่าเฉลี่ยความเป็นกรดที่วัดได้ จากการประมาณค่าความไม่แน่นอนที่วัดปัจจัยความคลาดเคลื่อนตำแหน่ง และเวลาผลิตที่แตกต่างกันในรุ่นสินค้า จำนวน 10 รุ่น ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 6-10% จากมาตรฐานคุณภาพของผลไม้กระป๋อง กำหนดเกณฑ์ควบคุมค่าความเป็นกรดต้องไม่เกิน 0.7% เนื่องจากค่าเฉลี่ยความเป็นกรดที่วัดได้จากรุ่นสินค้า จำนวน 10 รุ่น มีค่าอยู่ระหว่าง 0.5-0.54% ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ควบคุมค่อนข้างมาก ดังนั้น การใช้วิธีการชักตัวอย่างตามที่กำหนดในปัจจุบันที่ให้ค่าความไม่แน่นอนสูงในระดับดังกล่าว ยังคงความเหมาะสมต่อการใช้งาน เมื่อเทียบกับระดับสถานการณ์ของสินค้าในอุตสาหกรรมปัจจุบัน

2. สรุบบนแบบบันทึกเพื่อพัฒนาวิธีการชักตัวอย่างสินค้ากรณีศึกษาตามหลักการประกันคุณภาพ

แนวคิดในการพัฒนาวิธีการชักตัวอย่างสินค้ากรณีศึกษาตามหลักประกันคุณภาพ แสดงแนวทางการพัฒนา จากการออกแบบบันทึกเพื่อพัฒนาวิธีการชักตัวอย่างสินค้ากรณีศึกษาตามหลักการประกันคุณภาพ สรุบบนแบบบันทึกแบ่งตามสินค้ากรณีศึกษาได้ ดังนี้

2.1 แนวทางการพัฒนาวิธีการชักตัวอย่างสินค้าอาหารสัตว์บรรจุถุง/กระสอบ

แนวทางการสร้างวิธีการชักตัวอย่างสินค้าอาหารสัตว์บรรจุถุง/กระสอบ ตามหลักประกันคุณภาพ ตัวอย่างรูปแบบบันทึกรายละเอียดเพื่อการชักตัวอย่าง แสดงดังภาพที่ 17

แบบบันทึกเพื่อการพัฒนาวิธีการชักตัวอย่างตามหลักประกันคุณภาพ	
สินค้า: อาหารไก่ชนิดเม็ดบรรจุกระสอบ	
1. ข้อมูลตัวแปรคุณภาพที่ต้องการวัด	
ตัวแปรคุณภาพ	: ปริมาณโปรตีนในน้ำหนักแห้ง (%)
วิธีการวิเคราะห์	: Kjeldahl method ตามวิธีมาตรฐาน ISO 5983-2 (2005)
เกณฑ์ควบคุม	: ไม่ต่ำกว่า $16 \pm 0.52\%$
2. ข้อมูลเกี่ยวกับสินค้า	
ลักษณะสินค้า	: เม็ดสั้น บรรจุในกระสอบ
ระบบการจัดการคุณภาพ	: GMP, HACCP, ISO 9001 : 2000
กระบวนการผลิต	: มีการตรวจความสม่ำเสมอของการกระจายตัวของอาหารสัตว์ โดยสุ่มตัวอย่างขณะที่อาหารสัตว์ปล่อยจากถังผสมประมาณ 200 กรัม ตรวจวัดค่าโซเดียมคลอไรด์ และประเมินความสม่ำเสมอด้วยค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (Coefficient of Variance: CV) กำหนดค่า CV ไม่เกิน 10% ความถี่การตรวจวัดอย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน
ตัวชี้บ่งชี้สินค้า	: วันที่ผลิต วันหมดอายุ และเวลาบรรจุ ที่พิมพ์ด้านล่างกระสอบ
ลักษณะรุ่นสินค้า	: จัดเรียงบนพาเลท (Pallet) กำหนดขนาดรุ่นไม่เกิน 60 กระสอบ วางแถวละ 6 กระสอบ ซ้อนแถวกันไม่เกิน 10 ชั้น
สถานที่เก็บตัวอย่าง	: คลังสินค้า ภายในมีลักษณะโปร่ง อากาศถ่ายเทสะดวก สินค้าที่ผลิตจะวางไว้ตามรหัสที่ระบุในคลังสินค้า
3. วิธีการเก็บตัวอย่างสินค้า	
อุปกรณ์การเก็บ	1) ทัพพีตักตัวอย่าง 2) ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน (PE) ขนาด 8x12 นิ้ว แบบมีซิปปิด 3) ชองถุงกระดาษทึบแสง สำหรับสวมทับถุงตัวอย่าง
วิธีการเก็บตัวอย่าง	: มาตรฐานของ ISO 950: Cereals-Sampling (as grain) โดยมีเกณฑ์การชักตัวอย่างขึ้นอยู่กับขนาดรุ่นสินค้าแต่ละรุ่น
จำนวนตัวอย่าง	: สุ่มเก็บถุงตัวอย่างไม่น้อยกว่าร้อยละ 2 ของขนาดรุ่นสินค้า

ภาพที่ 17 ตัวอย่างแบบบันทึกเพื่อการพัฒนาวิธีการชักตัวอย่างตามหลักประกันคุณภาพ

สินค้า: อาหารไก่ชนิดเม็ดบรรจุกระสอบ

แบบบันทึกเพื่อการพัฒนาวิธีการชักตัวอย่างตามหลักประกันคุณภาพ สินค้า: อาหารไก่ชนิดมีคบบรรจุกระสอบ				
3. วิธีการเก็บตัวอย่างสินค้า (ต่อ)				
ปริมาณการเก็บ	: ตักตัวอย่างไม่น้อยกว่า 4 จุดในแต่ละถุงตัวอย่าง นำมารวมกัน เป็นตัวอย่างขั้นต้นประมาณ 3 กิโลกรัม			
การเตรียมและการเก็บตัวอย่างเพื่อส่งห้องปฏิบัติการวิเคราะห์	: ผสมตัวอย่างขั้นต้นให้เป็นเนื้อเดียวกัน แบ่งตัวอย่างเป็น 3 ส่วน ส่วนละ 500 กรัม ตักตัวอย่างใส่ถุงตัวอย่างแล้วบรรจุในซองสุญญากาศ บันทึกรหัสตัวอย่าง วันที่เก็บ และลายมือผู้เก็บตัวอย่าง ที่หน้าซอง			
การขนส่งและเก็บรักษาตัวอย่าง	: ส่งวิเคราะห์ที่สำนักตรวจสอบคุณภาพสินค้าสุสัตว์ภายใน 3 วัน หลังจากการสุ่มเก็บตัวอย่าง เก็บรักษาตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25°C) ระหว่างรอการตรวจวิเคราะห์			
4. ค่าแสดงความใช้ได้ของวิธีการชักตัวอย่าง (จากการประมาณค่าความไม่แน่นอนตามแผนการทดลองแบบ Two-split level Replication Design ของอาหารไก่ชนิดมีคบบรรจุกระสอบ จำนวน 10 รุ่น ดังภาคผนวกที่ ก3 และ ก4)				
ปัจจัยทดสอบความใช้ได้ (Sampling Validation)	ค่าความไม่แน่นอน (Uncertainty: U)			
	ค่าเฉลี่ยโปรตีน (%)	การวิเคราะห์: U_{Analysis} (%ของค่าเฉลี่ย)	การชักตัวอย่าง: U_{Sampling} (%ของค่าเฉลี่ย)	การวัด: $U_{\text{Measurement}}$ (%ของค่าเฉลี่ย)
1) ตำแหน่งสินค้า (in space)	16.25-16.65	0.62-1.40	1.19-2.24	1.31-2.31
2) เวลาผลิต (in time)	16.55	0.79	1.36	1.47

ภาพที่ 17 (ต่อ)

<p>แบบบันทึกเพื่อการพัฒนาวิธีการชักตัวอย่างตามหลักประกันคุณภาพ</p> <p>สินค้า: อาหารไก่ชนิดเม็ดบรรจุกระสอบ</p>
<p>5. สรุปความเหมาะสม และข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการเก็บตัวอย่าง</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> วิธีการชักตัวอย่างเหมาะสมกับการใช้งาน (Fit of use)</p> <p>สรุป: ค่าโปรตีนเฉลี่ยและค่าความไม่แน่นอนจากการวัด ($U_{\text{Measurement}}$) ของค่าเฉลี่ย จากการวัดโปรตีนในรุ่นสินค้า จำนวน 10 รุ่น เท่ากับ $(16.25-16.65\%) \pm (1.31-2.31\%)$ เมื่อเทียบกับเกณฑ์ควบคุม $16 \pm 0.52\%$ ซึ่งค่าโปรตีนเฉลี่ยที่วัดได้อยู่ในช่วงเกณฑ์ควบคุม ดังนั้น วิธีการเก็บตัวอย่างอาหารสัตว์ที่ระบุในข้อ 3 จึงมีความเหมาะสมกับการใช้งาน</p> <p><input type="checkbox"/> วิธีการชักตัวอย่างไม่เหมาะสมกับการใช้งาน</p> <p>แนวทางแก้ไข:</p>

ภาพที่ 17 (ต่อ)

2.2 แนวทางการพัฒนาวิธีการชักตัวอย่างผลไม้วุ้นในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง

แนวทางการสร้างวิธีการชักตัวอย่างผลไม้วุ้นในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋องตามหลักประกันคุณภาพ ตัวอย่างรูปแบบบันทึกรายละเอียดเพื่อการชักตัวอย่าง แสดงดังภาพที่ 18

แบบบันทึกเพื่อการพัฒนาวิธีการชักตัวอย่างตามหลักประกันคุณภาพ สินค้า: ผลไม้รวมในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง	
1. ข้อมูลตัวแปรคุณภาพที่ต้องการวัด	
ตัวแปรคุณภาพ	: ปริมาณกรดในเนื้อและน้ำ (%)
วิธีการวิเคราะห์	: Acid-Base Titration ตามวิธีมาตรฐาน AOAC 2000, 43.1.31
เกณฑ์ควบคุม	: ไม่เกิน 0.7%
2. ข้อมูลเกี่ยวกับสินค้า	
ลักษณะสินค้า	: ชิ้นเนื้อผลไม้ 3 ชนิด ได้แก่ สับปะรด มะละกอเหลืองและแดง ในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง
ระบบการจัดการคุณภาพ	: BRC, GMP, HACCP, Halal Certificate, Kosher Certificate, IFS, Q-MARK
กระบวนการผลิต	: ขั้นตอนการผสมสารที่ใช้บรรจุ (Packing media) เป็นการผสมน้ำ สับปะรดและน้ำเชื่อม ระหว่างการผสมจะมีการเติมกรดมะนาว และตรวจสอบคุณภาพของสารที่ใช้บรรจุ โดยสุ่มเก็บกระป๋องตัวอย่าง 2 กระป๋องทุกชั่วโมง เนื่องจากผลไม้รวมบรรจุกระป๋อง มีส่วนประกอบของผลไม้หลายชนิด ทำให้มีระดับความเป็นกรดแตกต่างกัน จึงจำเป็นต้องตรวจค่าความเป็นกรดในสินค้าอาหารกระป๋องที่ต้องรักษาสภาวะความเป็นกรดให้ได้ในระดับกำหนด
ตัวชี้บ่งชี้สินค้า	: ลำดับตู้อบ และเวลาการเข้าอบความร้อน ระบุในรหัสแท่ง
ลักษณะรุ่นสินค้า	: จัดเรียงบนพาเลท (Pallet) กำหนดขนาดรุ่น 3,584 กระป๋อง เรียงซ้อนกัน 14 ชั้น ๆ ละ 256 กระป๋อง
สถานที่เก็บตัวอย่าง	: คลังสินค้า ที่มีระบบควบคุมการจัดการคลังสินค้าอัตโนมัติ สามารถระบุตำแหน่งของรุ่นสินค้าจากรหัสแท่ง (Bar code)

ภาพที่ 18 ตัวอย่างแบบบันทึกเพื่อการพัฒนาวิธีการชักตัวอย่างตามหลักประกันคุณภาพ

สินค้า: ผลไม้รวมในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง

แบบบันทึกเพื่อการพัฒนาวิธีการชักตัวอย่างตามหลักประกันคุณภาพ สินค้า: ผลไม้รวมในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง				
3. วิธีการเก็บตัวอย่างสินค้า				
วิธีการเก็บตัวอย่าง	: มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 51-2530 : สับปะรดกระป๋อง) โดยมีเกณฑ์การชักตัวอย่างขึ้นอยู่กับขนาดบรรจุ และจำนวนกระป๋องที่ผลิตหรือส่งมอบในแต่ละรุ่น			
จำนวนตัวอย่าง	: สุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 8 ตำแหน่งในรุ่นสินค้า โดยเก็บกระป๋องตัวอย่าง 1-2 กระป๋องจากแต่ละตำแหน่ง รวมให้ได้จำนวนตามเกณฑ์ที่กำหนดในมอก. 51-2530			
การเตรียมและการเก็บตัวอย่างเพื่อส่งห้องปฏิบัติการวิเคราะห์	: บันทึกรหัสตัวอย่าง วันที่เก็บตัวอย่าง และลายมือผู้เก็บตัวอย่าง ที่ฝากระป๋อง รวบรวมกระป๋องตัวอย่างบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกหรือถุงพลาสติกชนิดหนา			
การขนส่งและเก็บรักษาตัวอย่าง	: ส่งตัวอย่างทันทีหลังจากการสุ่มเก็บ ไปยังห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ เก็บรักษาตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25°C) ระหว่างรอการวิเคราะห์			
4. ค่าแสดงความใช้ได้ของวิธีการชักตัวอย่าง (จากการประมาณค่าความไม่แน่นอนตามแผนการทดลองแบบ Two-split level Replication Design ของผลไม้รวมในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง จำนวน 10 รุ่น ดังภาคผนวกที่ ข3 และ ข4)				
ปัจจัยทดสอบความใช้ได้ (Sampling Validation)	ค่าความไม่แน่นอน (Uncertainty: U)			
	ค่าเฉลี่ยความ เป็นกรด (%)	การวิเคราะห์: U_{Analysis} (%ของค่าเฉลี่ย)	การชักตัวอย่าง: U_{Sampling} (%ของค่าเฉลี่ย)	การวัด: $U_{\text{Measurement}}$ (%ของค่าเฉลี่ย)
1) ตำแหน่งสินค้า (in space)	0.50-0.54	1.37-3.98	5.57-9.74	6.19-9.99
2) เวลาผลิต (in time)	0.50	1.29	5.13	5.21

ภาพที่ 18 (ต่อ)

แบบบันทึกเพื่อการพัฒนาวิธีการชักตัวอย่างตามหลักประกันคุณภาพ สินค้า: ผลไม้รวมในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง
5. สรุปความเหมาะสม และข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการเก็บตัวอย่าง
<input checked="" type="checkbox"/> วิธีการชักตัวอย่างเหมาะสมกับการใช้งาน (Fit of use) สรุป: ค่าความเป็นกรดเฉลี่ยและค่าความไม่แน่นอนจากการวัด ($U_{\text{Measurement}}$) ของค่าเฉลี่ยจากการวัดปริมาณความเป็นกรดในรุ่นสินค้า จำนวน 10 รุ่น เท่ากับ $(0.5-0.54\%) \pm (6.19-9.99\%)$ เมื่อเทียบกับเกณฑ์ควบคุมปริมาณกรดต้องไม่เกิน 0.7% ซึ่งค่าความเป็นกรดเฉลี่ยที่วัดได้อยู่ต่ำกว่าเกณฑ์ควบคุม ดังนั้น วิธีการเก็บตัวอย่างผลไม้กระป๋องที่ระบุในข้อ 3 จึงยังสามารถใช้ได้กับสถานการณ์ระดับค่าเฉลี่ยของสินค้าในอุตสาหกรรมปัจจุบัน <input type="checkbox"/> วิธีการชักตัวอย่างไม่เหมาะสมกับการใช้งาน แนวทางแก้ไข:

ภาพที่ 18 (ต่อ)

จากภาพที่ 17 และ 18 เป็นการนำเสนอตัวอย่างของรูปแบบและรายละเอียดเพื่อการพัฒนากระบวนการชักตัวอย่างสินค้าอาหาร ไข่ชนิดเม็ดบรรจุกระสอบ สำหรับใช้ในการเก็บข้อมูลซึ่งช่วยเรียบเรียงข้อมูลตามที่ต้องรายงานในเอกสารการชักตัวอย่าง แบบบันทึกการชักตัวอย่างมีข้อมูล ซึ่ง ประกอบด้วยข้อมูลตัวแปรคุณภาพของสินค้าตัวอย่างที่ต้องการวัด ข้อมูลเกี่ยวกับสินค้าที่ต้องรายงานสภาพตัวอย่าง (Sampling field report) เพื่อแสดงลักษณะของรุ่นสินค้า ข้อมูลระบุวิธีการเก็บตัวอย่างสินค้า (Sampling procedure) รวมถึงระบุนการขนส่ง และจัดเก็บรักษาตัวอย่าง (Chain of custody report) เพื่อใช้เป็นคู่มือสำหรับการปฏิบัติงาน และข้อมูลแสดงความใช้ได้ของวิธีการชักตัวอย่าง ด้วยค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่าง เพื่อนำไปสรุปในเอกสารรายงานการชักตัวอย่าง (Sampling report)

จากข้อมูลในแบบบันทึก ซึ่งแสดงความใช้ได้ของวิธีการชักตัวอย่าง เพื่อวัดค่าโปรตีนในอาหารสัตว์อัดเม็ดดังภาพที่ 17 โดยรายละเอียดการคำนวณอธิบายอยู่ในส่วนดังกล่าวผนวกที่ ก3 และ ก4 เมื่อพิจารณาค่าความไม่แน่นอนของการใช้วิธีการชักตัวอย่าง ซึ่งให้ค่าความไม่แน่นอน ($U_{\text{Measurement}}$) ค่อนข้างต่ำ ประมาณ 1.31-2.31% ของค่าเฉลี่ย เนื่องจากมีระบบควบคุมกระบวนการผลิต ทำให้สินค้ามีความสม่ำเสมอค่อนข้างสูงในรุ่นการผลิตสินค้า และค่าเฉลี่ยโปรตีนที่ได้จากการสุ่มเก็บตัวอย่าง จำนวน 10 รุ่น มีค่าอยู่ในช่วง 16.25-16.65% เมื่อเทียบกับเกณฑ์ค่าควบคุมที่ต้องมี

ค่าไม่ต่ำกว่า 15.48% จะเห็นได้ว่าเมื่อพิจารณารวมค่าเฉลี่ยโปรตีนกับค่าความไม่แน่นอน ค่าต่ำสุดที่เป็นไปได้ของผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน คือ 15.87% (คำนวณจาก $U_{\text{Measurement}}$ ร้อยละ 2.31 ของค่าเฉลี่ยที่ระดับ 16.25%) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ควบคุม ดังนั้น วิธีการชักตัวอย่างอาหารสัตว์ที่กำหนดในปัจจุบัน มีความเหมาะสมกับการใช้งาน (Fit of use)

สำหรับข้อมูลแสดงความใช้ได้ของวิธีการชักตัวอย่างในแบบบันทึกการใช้วิธีการชักตัวอย่างของสินค้าผลไม้กระป๋องดองที่ 18 เพื่อวัดค่าความเป็นกรด เมื่อพิจารณาค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่าง พบว่า ให้ค่าความไม่แน่นอนค่อนข้างสูง ประมาณ 6-10% เนื่องจากองค์ประกอบของการกระจายตัวของสินค้าที่แยกส่วนกันระหว่างชั้นเนื้อกับน้ำเชื่อม และยังประกอบด้วยเนื้อผลไม้หลายชนิด ทำให้มีระดับความเป็นกรดแตกต่างกันมาก ส่งผลให้สินค้ามีความสม่ำเสมอค่อนข้างต่ำสำหรับการผลิต อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยความเป็นกรดที่วัดได้จากการสุ่มเก็บตัวอย่าง จำนวน 10 รุ่น มีค่าเพียง 0.5% ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ค่าควบคุมที่กำหนดต้องมีค่าไม่เกิน 0.7% เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยกับค่าความไม่แน่นอนที่วัดได้ จะพบว่า ค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ของผลการวิเคราะห์ปริมาณความเป็นกรดในผลไม้รวมบรรจุกระป๋อง เท่ากับ 0.55% (คำนวณจาก $U_{\text{Measurement}}$ ร้อยละ 9.99 ของค่าเฉลี่ยที่ระดับ 0.5%) ซึ่งยังมีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ควบคุม ดังนั้น เมื่อเทียบกับระดับสถานการณ์ความคลาดเคลื่อนจากการวัด ที่ได้จากสินค้าในปัจจุบัน จึงยังคงสามารถใช้วิธีการชักตัวอย่างผลไม้กระป๋องที่ระดับค่าความไม่แน่นอนในระดับดังกล่าวได้ (ข้อมูลการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่าง แสดงดังภาคผนวกที่ ข3 และ ข4)

ในกรณีที่ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ที่วัดได้ในสินค้า มีระดับใกล้เคียงหรืออยู่นอกขอบเขตเกณฑ์ค่าควบคุม เมื่อรวมค่าความไม่แน่นอนของการวัดจากการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่าง อาจเกิดความไม่ชัดเจนในการตัดสินใจวิธีการชักตัวอย่างมีความเหมาะสมต่อการใช้งานหรือไม่ ซึ่งมีผลทำให้เกิดการตัดสินใจผิดพลาดได้ เนื่องจากค่าความไม่แน่นอนของการวัด ประกอบด้วยค่าความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่างเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้น เมื่อพบข้อบกพร่องหรือแนวโน้มดังกล่าว จึงควรทำการปรับลดค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่าง โดยการปรับปรุงวิธีการชักตัวอย่าง เช่น การเพิ่มจำนวนตัวอย่าง การเพิ่มปริมาณการเก็บ การใช้อุปกรณ์ในการแบ่งลดขนาด หรือผสมตัวอย่างที่มีประสิทธิภาพ การควบคุมการขนส่ง และการเก็บรักษาตัวอย่างก่อนนำไปวิเคราะห์ รวมถึงการฝึกความชำนาญของผู้ปฏิบัติงานการชักตัวอย่าง

รายละเอียดในแบบบันทึกวิธีการชักตัวอย่าง จะได้จากการปฏิบัติงานในสถานการณ์จริง โดยข้อมูลของสินค้าที่จะทำการเก็บตัวอย่าง ได้จากการศึกษาสถานภาพปัจจุบันของ

กระบวนการผลิตอาหารสัตว์กับตัวแทนของโรงงานผลิตอาหารสัตว์ ในขั้นตอนนี้ทำการศึกษาข้อมูลตั้งแต่ลักษณะของสินค้า กระบวนการผลิต การจัดเรียงสินค้า และคลังสินค้า เพื่ออธิบายลักษณะของรุ่นสินค้า และนำข้อมูลไปพิจารณากำหนดวิธีการชักตัวอย่างที่เหมาะสม ซึ่งข้อมูลของวิธีการชักตัวอย่าง จะศึกษาตั้งแต่การสุ่มเก็บ การเตรียม การขนส่งและรักษาตัวอย่าง ตลอดจนการวิเคราะห์ ได้จากการศึกษาเอกสาร และกับเจ้าหน้าที่เก็บตัวอย่างของหน่วยงานที่รับผิดชอบงานด้านชักตัวอย่าง จากนั้นรวบรวมข้อมูลทั้งหมดเพื่อศึกษาความใช้ได้ของวิธีการชักตัวอย่าง (Sampling validation) โดยการประมาณค่าความไม่แน่นอนตามแผนการทดลองแบบ Two-split level Replication Design ซึ่งกำหนดปัจจัยศึกษา คือ ตำแหน่งของรุ่นสินค้า (Validation in space) และอิทธิพลของเวลาผลิต (Validation in time) จำนวนค่าความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการวัดการชักตัวอย่าง และการวิเคราะห์ เพื่อประเมินความใช้ได้ของวิธีการชักตัวอย่าง จากค่าความไม่แน่นอนที่ประมาณได้

แบบบันทึกข้อมูลที่พัฒนาขึ้น จึงมีประโยชน์ต่อการเรียบเรียงข้อมูลให้เป็นไปตามระบบเอกสารในการประกันคุณภาพวิธีการชักตัวอย่าง เพื่อนำข้อมูลไปใช้พิจารณา ปรับแก้ และพัฒนาวิธีการชักตัวอย่างที่ใช้ในปัจจุบัน และนำไปสู่การกำหนดและควบคุมกระบวนการแต่ละขั้นตอนของวิธีการชักตัวอย่างให้เป็นไปตามหลักประกันคุณภาพ เพื่อให้ได้มาซึ่งตัวแทนที่ดีของรุ่นสินค้าที่ต้องการตรวจวิเคราะห์และนำไปสู่ความน่าเชื่อถือในการสรุปคุณภาพสินค้าจากการรายงานผลการชักตัวอย่างและตรวจวิเคราะห์ แบบบันทึกข้อมูลดังกล่าว จึงเป็นเครื่องมือสำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องกับการชักตัวอย่างได้ใช้เป็นแนวทางปฏิบัติ และยังสามารถใช้ตรวจติดตามการปฏิบัติงานการชักตัวอย่างครั้งต่อไป

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษากระบวนการชักตัวอย่างสินค้ากรณีศึกษา 2 ชนิด คือ อาหารไก่บรรจุกระสอบ และผลไม้รวมในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง พบว่า มีเกณฑ์การชักตัวอย่างและแสดงขั้นตอนการปฏิบัติงานการชักตัวอย่าง แต่ยังไม่มีการประเมินคุณภาพของกระบวนการชักตัวอย่าง เพื่อชี้แจงความเหมาะสมของวิธีการที่ใช้ในปัจจุบัน (Fit of use) ซึ่งแนวทางการประเมินคุณภาพของกระบวนการชักตัวอย่าง คือ การทดสอบความใช้ได้ของวิธีการชักตัวอย่าง (Sampling validation) ด้วยการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่าง (Sampling uncertainty) ตามแผนการทดลองแบบ Two-split level Replication Design ซึ่งศึกษาปัจจัยความคลาดเคลื่อน 2 ตัว คือ ตำแหน่งสินค้า (In space) และเวลาผลิต (In time) ที่แตกต่างกันในรุ่นสินค้า

จากการวิเคราะห์ลักษณะสินค้า 2 ชนิด ซึ่งมีกระบวนการผลิตภายในโรงงานอุตสาหกรรมภายใต้ระบบการควบคุมคุณภาพการผลิต ทำให้สินค้าที่ผลิตได้มีความสม่ำเสมอภายในรุ่นการผลิต เมื่อทำการเก็บตัวอย่างตามแผนการวิจัย และวิเคราะห์ผลการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่างซึ่งคิดเป็นร้อยละของค่าเฉลี่ย สรุปได้ว่า วิธีที่ใช้ในการชักตัวอย่างอาหารไก่ชนิดเม็ดบรรจุกระสอบ มีค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่างต่ำ เมื่อเทียบกับการชักตัวอย่างผลไม้รวมในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋องที่ประมาณค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่างได้สูงกว่า แต่ถ้าพิจารณาระดับค่าเฉลี่ยของตัวแปรที่วัดในรุ่นสินค้าต่ำกว่าเกณฑ์ควบคุมมาก การใช้วิธีการชักตัวอย่างที่ให้ค่าความไม่แน่นอนสูง ยังคงความเหมาะสมต่อการใช้งานได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อ การตัดสินใจคุณภาพรุ่นสินค้า ดังนั้น ในการตัดสินใจระดับคุณภาพรุ่นสินค้าเพื่อการยอมรับ ควรประกอบด้วยข้อมูลสำหรับการพิจารณา ได้แก่ ระดับสถานการณ์ของสินค้าในปัจจุบัน ผลการทดสอบรวมกับค่าความไม่แน่นอนของการวัด ซึ่งต้องเป็นค่ารวมจากค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่างและการวิเคราะห์ และเทียบกับเกณฑ์ค่าควบคุมของสินค้าแต่ละชนิด

การนำเสนอรูปแบบการบันทึกรายละเอียด เพื่อช่วยให้เกิดการพัฒนาวิธีการชักตัวอย่างตามหลักประกันคุณภาพ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติงานการเก็บตัวอย่างในสถานการณ์จริงของสินค้า ประโยชน์ของแบบบันทึก คือ ช่วยในการเรียบเรียงข้อมูลตามเอกสารการชักตัวอย่างในระบบการประกันคุณภาพ อันประกอบด้วย ข้อมูลตัวแปรคุณภาพของสินค้าตัวอย่างที่ต้องการวัด ข้อมูลเกี่ยวกับสินค้าที่ต้องรายงานสภาพตัวอย่าง (Sampling field report) เพื่อแสดงลักษณะของรุ่น

สินค้า ข้อมูลระบุหลักการชักตัวอย่าง (Sampling method) วิธีการเก็บตัวอย่างสินค้า (Sampling procedure) และรายงานการขนส่งตัวอย่าง (Chain of custody report) เพื่อใช้เป็นคู่มือสำหรับการปฏิบัติงาน และข้อมูลแสดงความใช้ได้ของวิธีการชักตัวอย่าง ด้วยค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่าง เพื่อนำไปสรุปความเหมาะสมของการใช้งาน และข้อเสนอแนะวิธีการเก็บตัวอย่าง ในเอกสารรายงานการชักตัวอย่าง (Sampling report) ข้อมูลที่ได้จากแบบบันทึกจึงสามารถพัฒนาวิธีการชักตัวอย่างที่ใช้ในปัจจุบัน ให้นำไปสู่การกำหนดและควบคุมขั้นตอนต่าง ๆ ของวิธีการชักตัวอย่างให้เป็นไปตามหลักประกันคุณภาพ และใช้พิจารณาปรับปรุงแก้ไขกระบวนการชักตัวอย่างต่อไปในอนาคตให้สอดคล้องกับระดับสถานการณ์คุณภาพของสินค้า

ดังนั้น เครื่องมือที่ช่วยชี้แจงความเหมาะสมของการปฏิบัติงานการชักตัวอย่าง และสามารถช่วยสร้างการพัฒนาวิธีการชักตัวอย่างให้เป็นไปตามหลักประกันคุณภาพ คือ การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่าง ซึ่งเป็นตัวเลขแสดงความน่าเชื่อถือของวิธีการชักตัวอย่าง เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่า วิธีการชักตัวอย่างดังกล่าว สามารถทำให้ได้ตัวอย่างซึ่งเป็นตัวแทนที่ดีของรุ่นสินค้าที่ต้องการตรวจวิเคราะห์ และนำไปสู่ความเชื่อมั่นในผลการตัดสินสรุปคุณภาพสินค้าจากการรายงานผลการชักตัวอย่างและการตรวจวิเคราะห์ (Acceptance sampling) และแบบบันทึกเพื่อการพัฒนาวิธีการชักตัวอย่างตามหลักประกันคุณภาพ ซึ่งช่วยเรียบเรียงข้อมูลตามเอกสารการชักตัวอย่างในระบบการประกันคุณภาพ และใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาวิธีการชักตัวอย่างต่อไปในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

โดยปกติงานการชักตัวอย่าง มีภายใต้การกำกับดูแลของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมมาตรฐานสินค้า ซึ่งเป็นผู้กำหนดนโยบายและรูปแบบการปฏิบัติงาน ให้สำหรับเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับงานการชักตัวอย่าง และงานการวิเคราะห์ตัวอย่างได้นำไปใช้ โดยบุคคลที่เกี่ยวข้องกับการชักตัวอย่าง จะทราบข้อมูลสถานการณ์การเปลี่ยนของระดับคุณภาพสินค้าขณะลงพื้นที่ ดำเนินการเก็บตัวอย่างภายในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตสินค้า และผู้วิเคราะห์นำตัวอย่างมาตรวจวิเคราะห์ทดสอบที่ห้องปฏิบัติการ ซึ่งการสร้างวิธีการชักตัวอย่างตามหลักประกันคุณภาพ ควรสร้างกลไกการทำงานร่วมกันระหว่างงานการชักตัวอย่าง และงานการตรวจวิเคราะห์ เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลของการปฏิบัติดังกล่าว ในการสร้างความเชื่อมั่นว่ากระบวนการชักตัวอย่างมีความเหมาะสมกับการใช้งาน (Fit of use) และความคงที่ (Consistency) ในกระบวนการชักตัวอย่าง รวมทั้งมีการปรับปรุงแก้ไขวิธีการชักตัวอย่าง ให้สอดคล้องกับสถานการณ์คุณภาพของสินค้าอย่างต่อเนื่อง แบบ

บันทึกที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ เป็นแนวทางในการสร้างกลไกการพัฒนาวิธีการซักตัวอย่างให้
เป็นไปตามแนวทางการประกันคุณภาพ



เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2546. **มาตรฐานระบบการตรวจสอบด้วยการชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับ MIL-STD-105E**. พิมพ์ครั้งที่ 5. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ.

_____. 2549. **การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA)**. พิมพ์ครั้งที่ 5. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ.

เกศยา ศรีอำไพ, สุนีย์ คณาพิพัฒน์ และ สุพจน์ จุลหนองใหญ่. 2548. **การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในอาหารสัตว์**. ผลงานวิชาการด้านอาหารสัตว์ กลุ่มตรวจสอบคุณภาพอาหารสัตว์ สำนักตรวจสอบคุณภาพสินค้าปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์. แหล่งที่มา: <http://www.dld.go.th/qcontrol/organizdata/research/feed-4.pdf>, 1 พฤษภาคม 2551.

_____. 2550. **การควบคุมคุณภาพผลการทดสอบโปรตีนในอาหารไก่**. ผลงานวิชาการด้านอาหารสัตว์ กลุ่มตรวจสอบคุณภาพอาหารสัตว์ สำนักตรวจสอบคุณภาพสินค้าปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์. แหล่งที่มา: <http://www.dld.go.th/qcontrol/images/stories/E-journal/.../lesson52-17.pdf>, 1 พฤษภาคม 2551.

คณะกรรมการดำเนินการจัดประชุมวิชาการระดับชาติด้านการบริหารและการจัดการ ครั้งที่ 2.

2553. **การประชุมวิชาการระดับชาติด้านการบริหารและการจัดการ ครั้งที่ 2**. (CD-ROM). คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, หาดใหญ่ สงขลา.

จริยา ภูเจริญ, รัตติยา พรหมขำ และ ศิริเนตร ขุนทอง. 2550. **การประมาณค่าความไม่แน่นอนของวิธีการทดสอบออกโซโลนิก แอซิด**. ผลงานวิจัย. ศูนย์วิจัยและตรวจสอบคุณภาพสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ, สมุทรสาคร.

- ทิพวรรณ นิ่งน้อย. 2549. **แนวปฏิบัติการทดสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ทางเคมีโดยห้องปฏิบัติการเดียว (A Practical Guide for Single Laboratory Method Validation of Chemical Method)**. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข, กรุงเทพฯ.
- ธราธร ฤกษ์รัตนันตร์. ม.ป.ป. **การควบคุมคุณภาพเบื้องต้นสำหรับผู้ประกอบการ**. เอกสารประกอบการสอน วิชาการจัดการการประกันคุณภาพสินค้า. คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, กรุงเทพฯ.
- รัชชัย รอดสม. 2550. **อาหารสัตว์ วัตถุประสงค์ในอาหารสัตว์ และการเก็บตัวอย่างอาหารสัตว์ ตามพระราชบัญญัติควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ พ.ศ. 2525 เพื่อตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการกรมปศุสัตว์**. ส่วนพัฒนาและควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์, กรุงเทพฯ.
- ฝ่ายวิเคราะห์ตัวอย่าง กองจัดการคุณภาพน้ำ. 2541. **คู่มือการประกันคุณภาพในกระบวนการวิเคราะห์**. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.
- พจมาน ทำจิ้น. 2546. **Uncertainty of Measurement การทดสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบทางเคมี**. เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ. กรมวิทยาศาสตร์บริการ, กรุงเทพฯ.
- พันทิพา พงษ์เพ็ญจันทร์. 2539. **การผลิตอาหารสัตว์**. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.
- พิชิต สุขเจริญพงษ์. 2544. **การควบคุมคุณภาพเชิงวิศวกรรม**. บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ.
- มนวิภา จารุตามระ และนราพร เกิดวัดเกาะ. 2550. **การพิสูจน์การยอมรับวิธีเตรียมตัวอย่างอาหารสัตว์เพื่อตรวจวิเคราะห์**. ผลงานวิชาการด้านอาหารสัตว์ กลุ่มตรวจสอบคุณภาพอาหารสัตว์ สำนักตรวจสอบคุณภาพสินค้าปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์. แหล่งที่มา:
<http://www.dld.go.th/region1/knowledge%20Center/.../3.../main2.doc>, 1 พฤษภาคม 2551.

มณัญญา ปัทมะสุนทร และสุพจน์ จุลหนองใหญ่. 2550. การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการวัดสำหรับการตรวจวิเคราะห์แคดเมียมในกากถั่วเหลือง ด้วยเครื่อง ICP-OES. ผลงานวิชาการด้านอาหารสัตว์ กลุ่มตรวจสอบคุณภาพอาหารสัตว์ สำนักตรวจสอบคุณภาพสินค้าปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์. แหล่งที่มา: http://www.dld.go.th/person/webW102_51r1/43.doc, 1 พฤษภาคม 2551.

ศูนย์สารสนเทศเศรษฐกิจอุตสาหกรรม สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. 2552. ข้อมูลอุตสาหกรรมอาหารสัตว์. แหล่งที่มา: <http://fic.nfi.or.th/th/thaifood/product52-feed.asp>, 16 มกราคม 2552.

ศูนย์สารสนเทศเศรษฐกิจอุตสาหกรรม สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. 2552. ข้อมูลอุตสาหกรรมผักผลไม้และผลิตภัณฑ์. แหล่งที่มา: <http://fic.nfi.or.th/th/thaifood/product52-fruit.asp>, 16 มกราคม 2552.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2552. การประชุม Codex Committee on Methods of Analysis and Sampling ครั้งที่ 30 ระหว่างวันที่ 9-13 มีนาคม 2552 ณ เมือง Balatonalmadi สาธารณรัฐฮังการี. ผลการประชุมระหว่างประเทศ. แหล่งที่มา: www.acfs.go.th/conference/conferencedetail1.php, 2 พฤศจิกายน 2552.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2531. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋อง. มอก. 51-2530.

สุพจน์ และเกศยา. 2550. การทดสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในอาหารไก่. ผลงานวิชาการ. สำนักตรวจสอบคุณภาพสินค้าปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์, ปทุมธานี.

สุรินทร์ นิยมางกูร. 2546. เทคนิคการสุ่มตัวอย่าง. พิมพ์ครั้งที่ 5. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เสรี ยูนิพันธ์, จรุง มหิทธิงาทองกุล และดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย. 2535. เทคนิคการควบคุมคุณภาพ. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ .

อัจฉรา พุ่มนัตร์. 2548. การประกันคุณภาพผลวิเคราะห์: การชักตัวอย่างและการเตรียมตัวอย่าง. **วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ**. 48 (154): 32-35.

Ambrus, Á. 2009. Estimation of sampling uncertainty for determination of pesticide residues in plant commodities. **Journal of Environmental Science and Health Part B**. 44 (7): 627-639.

CAC/GL 50-2004. 2004. General Guidelines on Sampling. Available Source: <http://www.eurachem.org/guides/QUAM2000-1.pdf>, October 5, 2007.

Castanheira, I., Figueiredo, C., André, C., Coelho, I., Silva, A.T., Santiago, S., Fontes, T., Mota, C., & Calhau, M.A. 2009. Sampling of bread for added sodium as determined by flame photometry. **Food Chemistry**. 113: 621-628

De Zorzi, P., Belli, M., Barbizzi, S., Menegon, S., & Deluisa, A. 2002. A practical approach to assessment of sampling uncertainty. **Accred Qual Assur**. 7: 182-188.

Dodge, Y. 2003. **Relative standard deviation**. Wikipedia, the free encyclopedia. Available Source: http://en.wikipedia.org/wiki/Relative_standard_deviation, November 16, 2007.

EURACHEM/CITAC Guide CG4. 2000. **Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement. Second edition**. Available Source: <http://www.eurachem.org/guides/QUAM2000-1.pdf>, November 16, 2007.

EURACHEM/CITAC Guide. 2007. **Measurement uncertainty arising from sampling: A guide to methods and approaches**. First edition. Available Source: http://www.eurachem.org/guides/UfS_2007.pdf, November 16, 2007.

Lyn, J. A., Ramsey, M. H., Coad, D. S., Damant, A. P., Wood, R. and Boon, K. A. 2007. The duplicate method of uncertainty estimation: are 8 targets enough?. **The Analyst**. 132: 1147-1152.

NT TECHNICAL REPORT 604. 2007. **Uncertainty from sampling - A NORDTEST**

handbook for sampling planners on sampling quality assurance and uncertainty estimation. Available Source: <http://www.nordicinnovation.net/nordtestfiler/tr604.pdf>, November 16, 2007.

Ramsey, M.H., Thompson, M. and Hale, M. 1992. Objective evaluation of precision requirements for geochemical analysis using robust analysis of variance. **Journal of Geochemical Exploration.** 44: 23-36.

Ramsey, M.H., 1998. Sampling as a source of measurement uncertainty: techniques for quantification and comparison with analytical sources. **Journal of Analytical Atomic Spectrometry.** 13: 97-104.

Ramsey, M.H., and Thompson M. 2007. Uncertainty from sampling, in the context of fitness for purpose. **Accred Aual Assur.** 12: 503-513.

Whitaker, T.B., Slatsman, J.J., Ware, G.M., and Slate, A.B. 2007. Evaluating the performance of sampling plans to detect hypoglycin A in Ackee fruit shipments imported into the Unites States. **Journal of AOAC International.** 90(4): 1060-1072.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

ข้อมูลผลวิเคราะห์ค่าโปรตีนในน้ำหนักแห้งของอาหารไก่ชนิดเมื่อบรรจุกระสอบ
และตัวอย่างการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่าง

ตารางผนวกที่ ก1 ผลวิเคราะห์ค่าโปรตีนในอาหารไก่ชนิดเม็ดยอดบรรจุกระสอบ วางแผนการทดลอง
แบบ Two-split level replicate design เพื่อศึกษา Validation in space

Validation in space										
Lot	Rep#	Sample 1 (S ₁)				Sample 2 (S ₂)				
No.	(Space)	x _{i11}	x _{i12}	D _{i1}	\bar{x}_{i1}	x _{i21}	x _{i22}	D _{i2}	\bar{x}_{i2}	D _i
1	1	16.30	16.28	0.02	16.29	16.43	16.46	0.03	16.45	0.16
	2	16.35	16.31	0.04	16.33	16.34	16.36	0.02	16.35	0.02
	3	16.32	16.28	0.04	16.30	16.53	16.40	0.13	16.47	0.16
	4	16.40	16.39	0.01	16.40	16.43	16.40	0.03	16.42	0.02
	5	16.28	16.43	0.15	16.36	16.33	16.20	0.13	16.27	0.09
	6	16.56	16.53	0.03	16.55	16.25	16.18	0.07	16.22	0.33
	7	16.40	16.42	0.02	16.41	16.40	16.37	0.03	16.39	0.03
	8	16.48	16.41	0.07	16.45	16.33	16.23	0.10	16.28	0.16
Average				0.05	16.38			0.07	16.35	0.12
2	1	16.35	16.53	0.18	16.44	16.41	16.50	0.09	16.46	0.01
	2	16.72	16.86	0.14	16.79	16.45	16.54	0.09	16.50	0.30
	3	16.43	16.42	0.01	16.43	16.76	16.64	0.12	16.70	0.28
	4	16.38	16.40	0.02	16.39	16.50	16.37	0.13	16.44	0.05
	5	16.64	16.56	0.08	16.60	16.60	16.68	0.08	16.64	0.04
	6	16.78	16.70	0.08	16.74	16.45	16.59	0.14	16.52	0.22
	7	16.40	16.37	0.03	16.39	16.49	16.46	0.03	16.48	0.09
	8	16.31	16.37	0.06	16.34	16.68	16.69	0.01	16.69	0.35
Average				0.08	16.51			0.09	16.55	0.17

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Validation in space										
Lot	Rep#	Sample 1 (S_1)				Sample 2 (S_2)				
No.	(Space)	x_{i11}	x_{i12}	D_{i1}	\bar{x}_{i1}	x_{i21}	x_{i22}	D_{i2}	\bar{x}_{i2}	D_i
3	1	16.60	16.76	0.16	16.68	16.44	16.46	0.02	16.45	0.23
	2	16.38	16.49	0.11	16.44	16.44	16.40	0.04	16.42	0.01
	3	16.62	16.88	0.26	16.75	16.55	16.49	0.06	16.52	0.23
	4	16.76	16.88	0.12	16.82	16.64	16.66	0.02	16.65	0.17
	5	16.51	16.46	0.05	16.49	16.52	16.34	0.18	16.43	0.05
	6	16.72	16.63	0.09	16.68	16.36	16.53	0.17	16.45	0.23
	7	16.39	16.54	0.15	16.47	16.81	16.66	0.15	16.74	0.27
	8	16.47	16.66	0.19	16.57	16.67	16.75	0.08	16.71	0.15
Average				0.14	16.61			0.09	16.55	0.17
4	1	16.52	16.62	0.10	16.57	16.62	16.60	0.02	16.61	0.04
	2	16.32	16.46	0.14	16.39	16.39	16.31	0.08	16.35	0.04
	3	16.40	16.42	0.02	16.41	16.49	16.52	0.03	16.51	0.09
	4	16.55	16.51	0.04	16.53	16.72	16.79	0.07	16.76	0.22
	5	16.87	16.83	0.04	16.85	16.49	16.55	0.06	16.52	0.33
	6	16.71	16.84	0.13	16.78	16.42	16.41	0.01	16.42	0.36
	7	16.34	16.23	0.11	16.29	16.72	16.75	0.03	16.74	0.45
	8	16.35	16.50	0.15	16.43	16.68	16.54	0.14	16.61	0.18
Average				0.09	16.53			0.06	16.56	0.22

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Validation in space										
Lot	Rep#	Sample 1 (S ₁)				Sample 2 (S ₂)				
No.	(Space)	x _{il1}	x _{il2}	D _{il}	\bar{x}_{il}	x _{i21}	x _{i22}	D _{i2}	\bar{x}_{i2}	D _i
5	1	16.34	16.34	0.00	16.34	16.48	16.38	0.10	16.43	0.09
	2	16.48	16.44	0.04	16.46	16.48	16.34	0.14	16.41	0.05
	3	16.52	16.51	0.01	16.52	16.27	16.34	0.07	16.31	0.21
	4	16.61	16.44	0.17	16.53	16.29	16.41	0.12	16.35	0.17
	5	16.27	16.35	0.08	16.31	16.56	16.46	0.10	16.51	0.20
	6	16.63	16.59	0.04	16.61	16.61	16.51	0.10	16.56	0.05
	7	16.60	16.65	0.05	16.63	16.42	16.52	0.10	16.47	0.16
	8	16.47	16.42	0.05	16.45	16.35	16.43	0.08	16.39	0.05
Average				0.05	16.48			0.10	16.43	0.12
6	1	16.26	16.30	0.04	16.28	16.57	16.68	0.11	16.63	0.34
	2	16.32	16.15	0.17	16.24	16.18	16.16	0.02	16.17	0.06
	3	16.18	16.32	0.14	16.25	16.01	16.23	0.22	16.12	0.13
	4	16.23	16.01	0.22	16.12	16.44	16.46	0.02	16.45	0.33
	5	16.28	16.10	0.18	16.19	16.33	16.34	0.01	16.34	0.15
	6	16.42	16.26	0.16	16.34	16.25	16.30	0.05	16.28	0.07
	7	16.27	16.14	0.13	16.21	16.19	16.07	0.12	16.13	0.07
	8	16.14	16.28	0.14	16.21	16.10	16.13	0.03	16.12	0.09
Average				0.15	16.23			0.07	16.28	0.16

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Validation in space										
Lot	Rep#	Sample 1 (S_1)				Sample 2 (S_2)				
No.	(Space)	x_{i11}	x_{i12}	D_{i1}	\bar{x}_{i1}	x_{i21}	x_{i22}	D_{i2}	\bar{x}_{i2}	D_i
7	1	16.38	16.49	0.11	16.44	16.43	16.55	0.12	16.49	0.06
	2	16.47	16.58	0.11	16.53	16.54	16.60	0.06	16.57	0.05
	3	16.43	16.40	0.03	16.42	16.55	16.66	0.11	16.61	0.19
	4	16.43	16.50	0.07	16.47	16.71	16.72	0.01	16.72	0.25
	5	16.74	16.66	0.08	16.70	16.60	16.71	0.11	16.66	0.04
	6	16.53	16.60	0.07	16.57	16.71	16.90	0.19	16.81	0.24
	7	16.66	16.51	0.15	16.59	16.49	16.51	0.02	16.50	0.09
	8	16.45	16.51	0.06	16.48	16.63	16.66	0.03	16.65	0.16
Average				0.09	16.52			0.08	16.62	0.13
8	1	16.64	16.65	0.01	16.65	16.59	16.60	0.01	16.60	0.05
	2	16.77	16.84	0.07	16.81	16.32	16.49	0.17	16.41	0.40
	3	16.67	16.72	0.05	16.70	16.54	16.46	0.08	16.50	0.20
	4	16.70	16.76	0.06	16.73	16.57	16.67	0.10	16.62	0.11
	5	16.61	16.46	0.15	16.54	16.55	16.51	0.04	16.53	0.00
	6	16.64	16.61	0.03	16.63	16.63	16.48	0.15	16.56	0.07
	7	16.53	16.34	0.19	16.44	16.80	16.82	0.02	16.81	0.38
	8	16.49	16.55	0.06	16.52	16.75	16.83	0.08	16.79	0.27
Average				0.08	16.62			0.08	16.60	0.18

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Validation in space										
Lot	Rep#	Sample 1 (S ₁)				Sample 2 (S ₂)				
No.	(Space)	x _{il1}	x _{il2}	D _{il}	\bar{x}_{il}	x _{i21}	x _{i22}	D _{i2}	\bar{x}_{i2}	D _i
9	1	16.80	16.88	0.08	16.84	16.40	16.49	0.09	16.45	0.40
	2	16.71	16.68	0.03	16.70	16.72	16.60	0.12	16.66	0.04
	3	16.87	16.73	0.14	16.80	16.83	16.67	0.16	16.75	0.05
	4	16.71	16.55	0.16	16.63	16.54	16.66	0.12	16.60	0.03
	5	16.73	16.76	0.03	16.75	16.82	16.72	0.10	16.77	0.02
	6	16.56	16.54	0.02	16.55	16.48	16.52	0.04	16.50	0.05
	7	16.90	16.98	0.08	16.94	16.31	16.38	0.07	16.35	0.59
	8	16.80	16.74	0.06	16.77	16.70	16.78	0.08	16.74	0.03
Average				0.08	16.75			0.10	16.60	0.15
10	1	16.56	16.62	0.06	16.59	16.37	16.62	0.25	16.50	0.09
	2	16.44	16.30	0.14	16.37	16.83	16.80	0.03	16.82	0.44
	3	16.31	16.47	0.16	16.39	16.67	16.54	0.13	16.61	0.22
	4	16.47	16.67	0.20	16.57	16.82	16.79	0.03	16.81	0.23
	5	16.56	16.82	0.26	16.69	16.62	16.64	0.02	16.63	0.06
	6	16.47	16.42	0.05	16.45	16.21	16.47	0.26	16.34	0.11
	7	16.86	16.72	0.14	16.79	16.61	16.65	0.04	16.63	0.16
	8	16.49	16.68	0.19	16.59	16.40	16.26	0.14	16.33	0.26
Average				0.15	16.55			0.11	16.58	0.20

ตารางผนวกที่ ก2 ผลวิเคราะห์ค่าโปรตีนในอาหารไก่ชนิดเม็บบรรจุกระสอบ วางแผนการทดลอง
แบบ Two-split level replicate design เพื่อศึกษา Validation in time

Validation in time									
Lot No.	Sample 1 (S ₁)				Sample 2 (S ₂)				
	x _{i11}	x _{i12}	D _{i1}	\bar{x}_{i1}	x _{i21}	x _{i22}	D _{i2}	\bar{x}_{i2}	D _i
1	16.37	16.40	0.03	16.39	16.60	16.52	0.08	16.56	0.18
2	16.63	16.50	0.13	16.57	16.70	16.48	0.22	16.59	0.03
3	16.36	16.43	0.07	16.40	16.58	16.63	0.05	16.61	0.21
4	16.67	16.70	0.03	16.69	16.59	16.58	0.01	16.59	0.10
5	16.37	16.42	0.05	16.40	16.54	16.62	0.08	16.58	0.18
6	16.42	16.35	0.07	16.39	16.54	16.57	0.03	16.56	0.17
7	16.69	16.66	0.03	16.68	16.68	16.56	0.12	16.62	0.06
8	16.69	16.64	0.05	16.67	16.55	16.60	0.05	16.58	0.09
9	16.54	16.59	0.05	16.57	16.55	16.76	0.21	16.66	0.09
10	16.41	16.31	0.10	16.36	16.63	16.64	0.01	16.64	0.27
Average			0.06	16.51			0.09	16.60	0.14

ตารางผนวกที่ ก3 ตัวอย่างการประมาณค่าความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่าง ของค่าโปรตีนเฉลี่ย
ในอาหารไก่ชนิดเม็ด จำนวน 8 ตำแหน่งสินค้า (Validation in space) ในรุ่นที่ 4

ตัวอย่างการคำนวณค่าความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่าง กรณีทำ Validation in space									
Rep#	Sample 1 (S ₁)				Sample 2 (S ₂)				
In space	x ₁₁₁	x ₁₁₂	D ₁₁ = x ₁₁₁ -x ₁₁₂	\bar{x}_{11}	x ₁₂₁	x ₁₂₂	D ₁₂ = x ₁₂₁ -x ₁₂₂	\bar{x}_{12}	D _i = $\left \bar{x}_{11} - \bar{x}_{12} \right $
1	16.52	16.62	0.10	16.57	16.62	16.60	0.02	16.61	0.04
2	16.32	16.46	0.14	16.39	16.39	16.31	0.08	16.35	0.04
3	16.40	16.42	0.02	16.41	16.49	16.52	0.03	16.51	0.09
4	16.55	16.51	0.04	16.53	16.72	16.79	0.07	16.76	0.22
5	16.87	16.83	0.04	16.85	16.49	16.55	0.06	16.52	0.33
6	16.71	16.84	0.13	16.78	16.42	16.41	0.01	16.42	0.36
7	16.34	16.23	0.11	16.29	16.72	16.75	0.03	16.74	0.45
8	16.35	16.50	0.15	16.43	16.68	16.54	0.14	16.61	0.18
ค่าเฉลี่ย 8 ตำแหน่ง			0.09	16.53			0.06	16.56	0.22
ค่าพิสัยเฉลี่ย (Mean range)									
ค่าเฉลี่ยรวม (\bar{X})	$= \frac{\bar{x}_{11} + \bar{x}_{12}}{2} = 16.55$				Converting factor for standard deviation (n=2)		1.128		
ค่าพิสัยเฉลี่ยจาก S ₁ และ S ₂ (D _{Analysis})	$= \frac{D_{11} + D_{12}}{2} = 0.073$				ค่าพิสัยเฉลี่ยจาก S ₁ และ S ₂ เฉลี่ยจาก 8 ตำแหน่ง (D _{Measurement})		$= \frac{\sum D_i}{n} = 0.216$		
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation: s)									
1) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวิเคราะห์ (s _{Analysis})	$= \frac{D_{Analysis}}{1.128} = 0.065$								
2) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัด (s _{Measurement})	$= \frac{D_{Measurement}}{1.128} = 0.191$								
3) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการชักตัวอย่าง (s _{Sampling})	$= \sqrt{(s_{Measurement})^2 - \left(\frac{s_{Analysis}}{\sqrt{2}} \right)^2} = 0.185$								

ตารางผนวกที่ ก3 (ต่อ)

ตัวอย่างการคำนวณค่าความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่าง กรณีทำ Validation in space	
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (Relative Standard Deviation: %RSD)	
1) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของการวิเคราะห์ (%RSD _{Analysis})	$= \frac{S_{\text{Analysis}}}{X} \times 100\% = 0.39$
2) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของการชักตัวอย่าง (%RSD _{Sampling})	$= \frac{S_{\text{Sampling}}}{X} \times 100\% = 1.12$
3) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของการวัด (%RSD _{Measurement})	$= \frac{S_{\text{Measurement}}}{X} \times 100\% = 1.16$
ค่าความไม่แน่นอนขยาย (Expanded Uncertainty: %U) เท่ากับ 2 เท่าของค่า RSD	
1) ค่าความไม่แน่นอนขยายของการวิเคราะห์ (%U _{Analysis})	= 0.78
2) ค่าความไม่แน่นอนขยายของการชักตัวอย่าง (%U _{Sampling})	= 2.24
3) ค่าความไม่แน่นอนขยายของการวัด (%U _{Measurement})	= 2.31

ตารางผนวกที่ ก4 ตัวอย่างการประมาณค่าความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่างของค่าโปรตีนเฉลี่ย
ในอาหารไก่ชนิดเม็ด เก็บตัวอย่างแบบรวมจาก 8 ตำแหน่งต่อรุ่น ณ เวลาผลิต
สินค้าต่างกัน (Validation in time) จำนวน 10 รุ่น

ตัวอย่างการคำนวณค่าความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่าง กรณีทำ Validation in time									
Lot	Sample 1 (S ₁)				Sample 2 (S ₂)				
	x _{i11}	x _{i12}	D _{i1} = x _{i11} - x _{i12}	\bar{x}_{i1}	x _{i21}	x _{i22}	D _{i2} = x _{i21} - x _{i22}	\bar{x}_{i2}	D _i = $\left \bar{x}_{i1} - \bar{x}_{i2} \right $
1	16.37	16.40	0.03	16.39	16.60	16.52	0.08	16.56	0.18
2	16.63	16.50	0.13	16.57	16.70	16.48	0.22	16.59	0.03
3	16.36	16.43	0.07	16.40	16.58	16.63	0.05	16.61	0.21
4	16.67	16.70	0.03	16.69	16.59	16.58	0.01	16.59	0.10
5	16.37	16.42	0.05	16.40	16.54	16.62	0.08	16.58	0.18
6	16.42	16.35	0.07	16.39	16.54	16.57	0.03	16.56	0.17
7	16.69	16.66	0.03	16.68	16.68	16.56	0.12	16.62	0.06
8	16.69	16.64	0.05	16.67	16.55	16.60	0.05	16.58	0.09
9	16.54	16.59	0.05	16.57	16.55	16.76	0.21	16.66	0.09
10	16.41	16.31	0.10	16.36	16.63	16.64	0.01	16.64	0.27
ค่าเฉลี่ย 8 ตำแหน่ง			0.06	16.51			0.09	16.60	0.14
ค่าพิสัยเฉลี่ย (Mean range)									
ค่าเฉลี่ยรวม (\bar{x})	$= \frac{\bar{x}_{i1} + \bar{x}_{i2}}{2} = 16.55$			Converting factor for standard deviation (n=2)				1.128	
ค่าพิสัยเฉลี่ยจาก S ₁ และ S ₂ ($\bar{D}_{Analysis}$)	$= \frac{D_{i1} + D_{i2}}{2} = 0.074$			ค่าพิสัยเฉลี่ยจาก S ₁ และ S ₂ เฉลี่ยจาก 8 ตำแหน่ง				$= \frac{\sum D_i}{n} = 0.138$	
(D _{Measurement})									
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation: s)									
1) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวิเคราะห์ ($s_{Analysis}$)	$= \frac{D_{Analysis}}{1.128} = 0.065$								
2) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัด ($s_{Measurement}$)	$= \frac{D_{Measurement}}{1.128} = 0.122$								
3) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการชักตัวอย่าง ($s_{Sampling}$)	$= \sqrt{(s_{Measurement})^2 - \left(\frac{s_{Analysis}}{\sqrt{2}} \right)^2} = 0.113$								

ตารางผนวกที่ ก4 (ต่อ)

ตัวอย่างการคำนวณค่าความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่าง กรณีทำ Validation in time	
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (Relative Standard Deviation: %RSD)	
1) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของการวิเคราะห์ (%RSD _{Analysis})	$= \frac{S_{\text{Analysis}}}{X} \times 100\% = 0.39$
2) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของการชักตัวอย่าง (%RSD _{Sampling})	$= \frac{S_{\text{Sampling}}}{X} \times 100\% = 0.68$
3) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของการวัด (%RSD _{Measurement})	$= \frac{S_{\text{Measurement}}}{X} \times 100\% = 0.74$
ค่าความไม่แน่นอนขยาย (Expanded Uncertainty: %U) เท่ากับ 2 เท่าของค่า RSD	
1) ค่าความไม่แน่นอนขยายของการวิเคราะห์ (%U _{Analysis})	= 0.79
2) ค่าความไม่แน่นอนขยายของการชักตัวอย่าง (%U _{Sampling})	= 1.36
3) ค่าความไม่แน่นอนขยายของการวัด (%U _{Measurement})	= 1.47

ตารางผนวกที่ ก5 ผลการทดสอบความสม่ำเสมอ (Homogeneity) ของค่าเฉลี่ยโปรตีนในอาหารไก่
ชนิดเม็ด จำนวน 10 รุ่นสินค้า

ปัจจัยทดสอบ ความใช้ได้ (Validation)	รุ่น สินค้า (Lot)	ค่าเฉลี่ย (%)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ช่วงความเชื่อมั่น 95%		P-Value
				ระดับล่าง	ระดับบน	
ตำแหน่งสินค้า (In space)	1	16.37	0.0926	16.33	16.40	0.900
	2	16.53	0.1465	16.48	16.58	0.086
	3	16.58	0.1509	16.52	16.63	0.067
	4	16.55	0.1699	16.48	16.61	0.159
	5	16.45	0.1086	16.41	16.49	0.062
	6	16.25	0.1493	16.20	16.31	0.077
	7	16.57	0.1188	16.53	16.62	0.083
	8	16.61	0.1342	16.56	16.66	0.920
	9	16.65	0.1605	16.62	16.73	0.346
	10	16.57	0.1773	16.50	16.63	0.085
เวลาผลิต (In time)		16.55	0.1154	16.52	16.59	0.087

ตารางผนวกที่ 6 ผลการประมาณค่าความไม่แน่นอนจากวิธีการวิเคราะห์ การชักตัวอย่าง และการวัดค่าโปรตีนในตัวอย่างอาหารไก่ชนิดเม็ด

		ค่าความไม่แน่นอน (Expand Uncertainty)		
ปัจจัยทดสอบ ความใช้ได้ (Validation)	รุ่น สินค้า (Lot)	การวิเคราะห์	การชักตัวอย่าง	การวัด
		(Analysis uncertainty) (%ของค่าเฉลี่ย)	(Sampling uncertainty) (%ของค่าเฉลี่ย)	(Measurement uncertainty) (%ของค่าเฉลี่ย)
	1	0.62	1.24	1.31
	2	0.86	1.67	1.78
	3	1.24	1.57	1.80
	4	0.78	2.24	2.31
ตำแหน่งสินค้า (In space)	5	0.84	1.19	1.33
	6	1.20	1.48	1.70
	7	0.89	1.29	1.44
	8	0.85	1.87	1.97
	9	0.92	1.47	1.61
	10	1.40	1.85	2.10
เวลาผลิต (In time)		0.79	1.36	1.47



ภาคผนวก ข

ข้อมูลผลวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดของผลไม้รวมในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง
และตัวอย่างการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่าง

ตารางผนวกที่ ข1 ผลวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดในผลไม้รวมในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง วางแผนการทดลองแบบ Two-split level replicate design เพื่อศึกษา Validation in space

Validation in space										
Lot	Rep#	Sample 1 (S_1)				Sample 2 (S_2)				
No.	(Space)	x_{i11}	x_{i12}	D_{i1}	\bar{x}_{i1}	x_{i21}	x_{i22}	D_{i2}	\bar{x}_{i2}	D_i
1	1	0.5065	0.5186	0.0121	0.5126	0.5043	0.4946	0.0097	0.4995	0.0131
	2	0.5324	0.5301	0.0023	0.5313	0.4493	0.4523	0.0030	0.4508	0.0805
	3	0.4776	0.4737	0.0039	0.4757	0.5454	0.5418	0.0036	0.5436	0.0680
	4	0.4948	0.4883	0.0065	0.4916	0.5152	0.5160	0.0008	0.5156	0.0241
	5	0.5079	0.5085	0.0006	0.5082	0.5162	0.5031	0.0131	0.5097	0.0014
	6	0.5022	0.5031	0.0009	0.5027	0.5123	0.5140	0.0017	0.5132	0.0105
	7	0.4843	0.4858	0.0015	0.4851	0.4790	0.4821	0.0031	0.4806	0.0045
	8	0.4894	0.4884	0.0010	0.4889	0.4770	0.4715	0.0055	0.4743	0.0147
	9	0.4870	0.4829	0.0041	0.4850	0.4989	0.4956	0.0033	0.4973	0.0123
	10	0.4967	0.5078	0.0111	0.5023	0.5008	0.5023	0.0015	0.5016	0.0007
Average				0.0044	0.4983			0.0045	0.4986	0.0230
2	1	0.5136	0.5129	0.0007	0.5133	0.5143	0.5035	0.0108	0.5089	0.0044
	2	0.5244	0.5043	0.0201	0.5144	0.4941	0.5063	0.0122	0.5002	0.0142
	3	0.4981	0.4997	0.0016	0.4989	0.4930	0.4940	0.0010	0.4935	0.0054
	4	0.5337	0.5266	0.0071	0.5302	0.5200	0.5216	0.0016	0.5208	0.0093
	5	0.4615	0.4581	0.0034	0.4598	0.5316	0.5368	0.0052	0.5342	0.0744
	6	0.4922	0.4979	0.0057	0.4951	0.4886	0.5061	0.0175	0.4974	0.0023
	7	0.5409	0.5383	0.0026	0.5396	0.4771	0.4776	0.0005	0.4774	0.0623
	8	0.5119	0.4957	0.0162	0.5038	0.5176	0.5247	0.0071	0.5212	0.0174
	9	0.5093	0.5081	0.0012	0.5087	0.4749	0.4682	0.0067	0.4716	0.0371
	10	0.4843	0.4877	0.0034	0.4860	0.4819	0.4845	0.0026	0.4832	0.0028
Average				0.0062	0.5050			0.0065	0.5008	0.0230

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Validation in space										
Lot	Rep#	Sample 1 (S_1)				Sample 2 (S_2)				
No.	(Space)	x_{i11}	x_{i12}	D_{i1}	\bar{x}_{i1}	x_{i21}	x_{i22}	D_{i2}	\bar{x}_{i2}	D_i
3	1	0.4828	0.4819	0.0009	0.4824	0.5232	0.5033	0.0199	0.5133	0.0309
	2	0.5222	0.5199	0.0023	0.5211	0.5127	0.5087	0.0040	0.5107	0.0104
	3	0.5026	0.4922	0.0104	0.4974	0.4792	0.4771	0.0021	0.4782	0.0193
	4	0.4996	0.5099	0.0103	0.5048	0.5220	0.5170	0.0050	0.5195	0.0148
	5	0.4924	0.4875	0.0049	0.4900	0.5140	0.5149	0.0009	0.5145	0.0245
	6	0.4992	0.4975	0.0017	0.4984	0.5147	0.5125	0.0022	0.5136	0.0153
	7	0.5193	0.5206	0.0013	0.5200	0.4880	0.4931	0.0051	0.4906	0.0294
	8	0.4979	0.4954	0.0025	0.4967	0.5228	0.5206	0.0022	0.5217	0.0251
	9	0.4916	0.4987	0.0071	0.4952	0.5091	0.5102	0.0011	0.5097	0.0145
	10	0.5078	0.5041	0.0037	0.5060	0.5240	0.5232	0.0008	0.5236	0.0177
Average				0.0045	0.5012			0.0043	0.5095	0.0202
4	1	0.5235	0.5172	0.0063	0.5204	0.5045	0.5192	0.0147	0.5119	0.0085
	2	0.5329	0.5333	0.0004	0.5331	0.5241	0.5251	0.0010	0.5246	0.0085
	3	0.4952	0.4845	0.0107	0.4899	0.5223	0.5275	0.0052	0.5249	0.0350
	4	0.4846	0.4942	0.0096	0.4894	0.4987	0.4987	0.0000	0.4987	0.0093
	5	0.5151	0.5417	0.0266	0.5284	0.4991	0.4897	0.0094	0.4944	0.0340
	6	0.5055	0.5012	0.0043	0.5034	0.4998	0.5114	0.0116	0.5056	0.0023
	7	0.4886	0.4789	0.0097	0.4838	0.5018	0.5172	0.0154	0.5095	0.0258
	8	0.4967	0.4976	0.0009	0.4972	0.4563	0.4665	0.0102	0.4614	0.0357
	9	0.4494	0.4525	0.0031	0.4510	0.5260	0.5174	0.0086	0.5217	0.0708
	10	0.5226	0.5232	0.0006	0.5229	0.4819	0.4775	0.0044	0.4797	0.0432
Average				0.0072	0.5019			0.0081	0.5032	0.0273

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Validation in space										
Lot	Rep#	Sample 1 (S_1)				Sample 2 (S_2)				
No.	(Space)	x_{i11}	x_{i12}	D_{i1}	\bar{x}_{i1}	x_{i21}	x_{i22}	D_{i2}	\bar{x}_{i2}	D_i
5	1	0.5345	0.5134	0.0211	0.5240	0.5159	0.5442	0.0283	0.5301	0.0061
	2	0.5295	0.5382	0.0087	0.5339	0.5635	0.5494	0.0141	0.5565	0.0226
	3	0.5563	0.5645	0.0082	0.5604	0.5277	0.5259	0.0018	0.5268	0.0336
	4	0.5596	0.5569	0.0027	0.5583	0.5648	0.5673	0.0025	0.5661	0.0078
	5	0.5350	0.5435	0.0085	0.5393	0.5388	0.5479	0.0091	0.5434	0.0041
	6	0.5621	0.5622	0.0001	0.5622	0.5349	0.5471	0.0122	0.5410	0.0212
	7	0.5291	0.5215	0.0076	0.5253	0.5539	0.5594	0.0055	0.5567	0.0314
	8	0.5264	0.5155	0.0109	0.5210	0.5156	0.5147	0.0009	0.5152	0.0058
	9	0.5114	0.5913	0.0799	0.5514	0.5564	0.5600	0.0036	0.5582	0.0069
	10	0.5640	0.5510	0.0130	0.5575	0.5040	0.5084	0.0044	0.5062	0.0513
Average				0.0161	0.5433			0.0082	0.5400	0.0191
6	1	0.5299	0.5147	0.0152	0.5223	0.4855	0.4951	0.0096	0.4903	0.0320
	2	0.5060	0.5057	0.0003	0.5059	0.5000	0.5065	0.0065	0.5033	0.0026
	3	0.5214	0.5073	0.0141	0.5144	0.4906	0.4968	0.0062	0.4937	0.0206
	4	0.5499	0.5246	0.0253	0.5373	0.5049	0.5073	0.0024	0.5061	0.0312
	5	0.5487	0.5484	0.0003	0.5485	0.4587	0.4577	0.0010	0.4582	0.0903
	6	0.4955	0.5499	0.0544	0.5227	0.5206	0.5217	0.0011	0.5212	0.0015
	7	0.5468	0.5478	0.0009	0.5473	0.4854	0.4888	0.0034	0.4871	0.0602
	8	0.4989	0.5035	0.0046	0.5012	0.5328	0.5186	0.0142	0.5257	0.0245
	9	0.5177	0.5162	0.0015	0.5170	0.5218	0.5299	0.0081	0.5259	0.0089
	10	0.5086	0.5052	0.0034	0.5069	0.4942	0.4874	0.0068	0.4908	0.0161
Average				0.0120	0.5223			0.0059	0.5002	0.0288

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Validation in space										
Lot	Rep#	Sample 1 (S_1)				Sample 2 (S_2)				
No.	(Space)	x_{i11}	x_{i12}	D_{i1}	\bar{x}_{i1}	x_{i21}	x_{i22}	D_{i2}	\bar{x}_{i2}	D_i
7	1	0.5013	0.4957	0.0056	0.4985	0.4984	0.5045	0.0061	0.5015	0.0030
	2	0.5142	0.5102	0.0040	0.5122	0.5073	0.5089	0.0016	0.5081	0.0041
	3	0.5016	0.4963	0.0053	0.4990	0.4766	0.4762	0.0004	0.4764	0.0226
	4	0.4862	0.4927	0.0065	0.4895	0.5193	0.5144	0.0049	0.5169	0.0274
	5	0.5085	0.5106	0.0021	0.5096	0.4929	0.4943	0.0014	0.4936	0.0159
	6	0.5092	0.5080	0.0012	0.5086	0.4879	0.4874	0.0005	0.4877	0.0209
	7	0.4700	0.4708	0.0008	0.4704	0.4973	0.4973	0.0000	0.4973	0.0269
	8	0.5049	0.5092	0.0043	0.5071	0.4991	0.4897	0.0094	0.4944	0.0127
	9	0.4924	0.4984	0.0060	0.4954	0.5042	0.4974	0.0068	0.5008	0.0054
	10	0.5191	0.5218	0.0027	0.5205	0.4856	0.4847	0.0009	0.4852	0.0353
Average				0.0039	0.5011				0.4962	0.0174
8	1	0.5291	0.5218	0.0073	0.5255	0.5180	0.5260	0.0080	0.5220	0.0034
	2	0.5359	0.5422	0.0063	0.5391	0.5041	0.5016	0.0025	0.5029	0.0362
	3	0.5291	0.5215	0.0076	0.5253	0.5077	0.5129	0.0052	0.5103	0.0150
	4	0.5235	0.5172	0.0063	0.5204	0.4862	0.4876	0.0014	0.4869	0.0335
	5	0.5136	0.5129	0.0007	0.5133	0.5235	0.5316	0.0081	0.5276	0.0143
	6	0.5149	0.5119	0.0030	0.5134	0.5561	0.5456	0.0105	0.5509	0.0375
	7	0.5233	0.5276	0.0043	0.5255	0.4935	0.4928	0.0007	0.4932	0.0323
	8	0.5311	0.5415	0.0104	0.5363	0.5321	0.5309	0.0012	0.5315	0.0048
	9	0.5127	0.5185	0.0058	0.5156	0.5391	0.5277	0.0114	0.5334	0.0178
	10	0.5026	0.5149	0.0123	0.5088	0.5132	0.5017	0.0115	0.5075	0.0013
Average				0.0064	0.5223			0.0060	0.5166	0.0196

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Validation in space										
Lot	Rep#	Sample 1 (S_1)				Sample 2 (S_2)				
No.	(Space)	x_{i11}	x_{i12}	D_{i1}	\bar{x}_{i1}	x_{i21}	x_{i22}	D_{i2}	\bar{x}_{i2}	D_i
9	1	0.5149	0.5119	0.0030	0.5134	0.4849	0.4856	0.0007	0.4853	0.0282
	2	0.4787	0.4862	0.0075	0.4825	0.4950	0.4924	0.0026	0.4937	0.0113
	3	0.4971	0.5041	0.0070	0.5006	0.4952	0.5000	0.0048	0.4976	0.0030
	4	0.4926	0.5031	0.0105	0.4979	0.5031	0.5082	0.0051	0.5057	0.0078
	5	0.5171	0.5120	0.0051	0.5146	0.5350	0.5346	0.0004	0.5348	0.0202
	6	0.5103	0.4968	0.0135	0.5036	0.5469	0.5392	0.0077	0.5431	0.0395
	7	0.5283	0.5313	0.0030	0.5298	0.4890	0.4782	0.0108	0.4836	0.0462
	8	0.5119	0.5034	0.0085	0.5077	0.4892	0.4912	0.0020	0.4902	0.0174
	9	0.5050	0.5067	0.0017	0.5059	0.4944	0.4935	0.0009	0.4940	0.0119
	10	0.4888	0.4826	0.0062	0.4857	0.5280	0.5282	0.0002	0.5281	0.0424
Average				0.0066	0.5041			0.0035	0.5056	0.0228
10	1	0.5666	0.5669	0.0003	0.5668	0.4963	0.4964	0.0001	0.4964	0.0704
	2	0.4855	0.4916	0.0061	0.4886	0.4854	0.4964	0.0110	0.4909	0.0024
	3	0.4934	0.4866	0.0068	0.4900	0.5484	0.5596	0.0112	0.5540	0.0640
	4	0.5359	0.5422	0.0063	0.5391	0.4953	0.5005	0.0052	0.4979	0.0412
	5	0.5308	0.5331	0.0023	0.5320	0.4948	0.4923	0.0025	0.4936	0.0384
	6	0.5092	0.5070	0.0022	0.5081	0.4940	0.5043	0.0103	0.4992	0.0090
	7	0.4910	0.4972	0.0062	0.4941	0.5027	0.5117	0.0090	0.5072	0.0131
	8	0.5333	0.5281	0.0052	0.5307	0.4923	0.4917	0.0006	0.4920	0.0387
	9	0.5241	0.5197	0.0044	0.5219	0.5171	0.5260	0.0089	0.5216	0.0004
	10	0.5299	0.5323	0.0024	0.5311	0.5333	0.5231	0.0102	0.5282	0.0029
Average				0.0042	0.5202			0.0069	0.5081	0.0280

ตารางผนวกที่ ข2 ผลวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดในผลไม้รวมในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง วางแผนการทดลองแบบ Two-split level replicate design เพื่อศึกษา Validation in time

Validation in time									
Lot No.	Sample 1 (S ₁)				Sample 2 (S ₂)				
	x _{i11}	x _{i12}	D _{i1}	\bar{x}_{i1}	x _{i21}	x _{i22}	D _{i2}	\bar{x}_{i2}	D _i
1	0.5032	0.5024	0.0008	0.5028	0.4922	0.4949	0.0027	0.4936	0.0092
2	0.4909	0.4926	0.0017	0.4918	0.5022	0.5019	0.0003	0.5021	0.0103
3	0.5070	0.5076	0.0006	0.5073	0.5004	0.5003	0.0001	0.5004	0.0070
4	0.4844	0.4824	0.0020	0.4834	0.5083	0.5108	0.0025	0.5096	0.0262
5	0.5243	0.5195	0.0048	0.5219	0.5082	0.5075	0.0007	0.5079	0.0141
6	0.4942	0.4924	0.0018	0.4933	0.5014	0.4974	0.0040	0.4994	0.0061
7	0.5110	0.5172	0.0062	0.5141	0.5014	0.4974	0.0040	0.4994	0.0147
8	0.5047	0.5148	0.0101	0.5098	0.5161	0.5065	0.0096	0.5113	0.0015
9	0.5200	0.5134	0.0066	0.5167	0.4939	0.4993	0.0054	0.4966	0.0201
10	0.5275	0.5353	0.0078	0.5314	0.4932	0.4915	0.0017	0.4924	0.0391
Average			0.0042	0.5072			0.0031	0.5012	0.0148

ตารางผนวกที่ ข3 ตัวอย่างการประมาณค่าความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่าง ของค่าความเป็นกรดเฉลี่ยในผลไม้รวมบรรจุกระป๋อง จำนวน 10 ตำแหน่งสินค้า (Validation in space) ในรุ่นที่ 6

ตัวอย่างการคำนวณค่าความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่าง กรณีทำ Validation in space										
Rep#	Sample 1 (S ₁)			Sample 2 (S ₂)						
In space	x ₁₁₁	x ₁₁₂	D ₁₁ = x ₁₁₁ - x ₁₁₂	\bar{x}_{11}	x ₁₂₁	x ₁₂₂	D ₁₂ = x ₁₂₁ - x ₁₂₂	\bar{x}_{12}	D _i = $\left \bar{x}_{11} - \bar{x}_{12} \right $	
1	0.5299	0.5147	0.0152	0.5223	0.4855	0.4951	0.0096	0.4903	0.0320	
2	0.5060	0.5057	0.0003	0.5059	0.5000	0.5065	0.0065	0.5033	0.0026	
3	0.5214	0.5073	0.0141	0.5144	0.4906	0.4968	0.0062	0.4937	0.0206	
4	0.5499	0.5246	0.0253	0.5373	0.5049	0.5073	0.0024	0.5061	0.0312	
5	0.5487	0.5484	0.0003	0.5485	0.4587	0.4577	0.0010	0.4582	0.0903	
6	0.4955	0.5499	0.0544	0.5227	0.5206	0.5217	0.0011	0.5212	0.0015	
7	0.5468	0.5478	0.0009	0.5473	0.4854	0.4888	0.0034	0.4871	0.0602	
8	0.4989	0.5035	0.0046	0.5012	0.5328	0.5186	0.0142	0.5257	0.0245	
9	0.5177	0.5162	0.0015	0.5170	0.5218	0.5299	0.0081	0.5259	0.0089	
10	0.5086	0.5052	0.0034	0.5069	0.4942	0.4874	0.0068	0.4908	0.0161	
ค่าเฉลี่ย 8 ตำแหน่ง			0.1200	0.5223			0.0590	0.5002	0.0288	
ค่าพิสัยเฉลี่ย (Mean range)										
ค่าเฉลี่ยรวม (\bar{X})	$= \frac{\bar{x}_{11} + \bar{x}_{12}}{2} = 0.511$			Converting factor for standard deviation (n=2)					1.128	
ค่าพิสัยเฉลี่ยจาก S ₁ และ S ₂ (D _{Analysis})	$= \frac{D_{11} + D_{12}}{2} = 0.009$			ค่าพิสัยเฉลี่ยจาก S ₁ และ S ₂ เฉลี่ยจาก 8 ตำแหน่ง (D _{Measurement})					$= \frac{\sum D_i}{n} = 0.029$	
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation: s)										
1) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวิเคราะห์ (s _{Analysis})	$= \frac{D_{Analysis}}{1.128} = 0.008$									
2) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัด (s _{Measurement})	$= \frac{D_{Measurement}}{1.128} = 0.026$									
3) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการชักตัวอย่าง (s _{Sampling})	$= \sqrt{(s_{Measurement})^2 - \left(\frac{s_{Analysis}}{\sqrt{2}} \right)^2} = 0.025$									

ตารางผนวกที่ ข3 (ต่อ)

ตัวอย่างการคำนวณค่าความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่าง กรณีทำ Validation in space	
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (Relative Standard Deviation: %RSD)	
1) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของการวิเคราะห์ (%RSD _{Analysis})	$= \frac{S_{\text{Analysis}}}{X} \times 100\% = 1.55$
2) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของการชักตัวอย่าง (%RSD _{Sampling})	$= \frac{S_{\text{Sampling}}}{X} \times 100\% = 4.87$
3) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของการวัด (%RSD _{Measurement})	$= \frac{S_{\text{Measurement}}}{X} \times 100\% = 4.99$
ค่าความไม่แน่นอนขยาย (Expanded Uncertainty: %U) เท่ากับ 2 เท่าของค่า RSD	
1) ค่าความไม่แน่นอนขยายของการวิเคราะห์ (%U _{Analysis})	= 3.11
2) ค่าความไม่แน่นอนขยายของการชักตัวอย่าง (%U _{Sampling})	= 9.74
3) ค่าความไม่แน่นอนขยายของการวัด (%U _{Measurement})	= 9.99

ตารางผนวกที่ ข4 ตัวอย่างการประมาณค่าความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่างของค่าความเป็นกรด
เฉลี่ยในผลไม้รวมบรรจุกระป๋อง เก็บตัวอย่างแบบรวมจาก 10 ตำแหน่งต่อรุ่น ณ
เวลาผลิตสินค้าต่างกัน (Validation in time) จำนวน 10 รุ่น

ตัวอย่างการคำนวณค่าความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่าง กรณีทำ Validation in time									
Lot	Sample 1 (S ₁)				Sample 2 (S ₂)				
	x ₁₁₁	x ₁₁₂	D ₁₁ = x ₁₁₁ -x ₁₁₂	\bar{x}_{11}	x ₁₂₁	x ₁₂₂	D ₁₂ = x ₁₂₁ -x ₁₂₂	\bar{x}_{12}	D _i = $\left \bar{x}_{11} - \bar{x}_{12} \right $
1	0.5299	0.5147	0.0152	0.5223	0.4855	0.4951	0.0096	0.4903	0.0320
2	0.5060	0.5057	0.0003	0.5059	0.5000	0.5065	0.0065	0.5033	0.0026
3	0.5214	0.5073	0.0141	0.5144	0.4906	0.4968	0.0062	0.4937	0.0206
4	0.5499	0.5246	0.0253	0.5373	0.5049	0.5073	0.0024	0.5061	0.0312
5	0.5487	0.5484	0.0003	0.5485	0.4587	0.4577	0.0010	0.4582	0.0903
6	0.4955	0.5499	0.0544	0.5227	0.5206	0.5217	0.0011	0.5212	0.0015
7	0.5468	0.5478	0.0009	0.5473	0.4854	0.4888	0.0034	0.4871	0.0602
8	0.4989	0.5035	0.0046	0.5012	0.5328	0.5186	0.0142	0.5257	0.0245
9	0.5177	0.5162	0.0015	0.5170	0.5218	0.5299	0.0081	0.5259	0.0089
10	0.5086	0.5052	0.0034	0.5069	0.4942	0.4874	0.0068	0.4908	0.0161
ค่าเฉลี่ย 8 ตำแหน่ง			0.0042	0.5072				0.0310	0.0148
ค่าพิสัยเฉลี่ย (Mean range)									
ค่าเฉลี่ยรวม (\bar{X})	$= \frac{\bar{x}_{11} + \bar{x}_{12}}{2} = 0.504$			Converting factor for standard deviation (n=2)					1.128
ค่าพิสัยเฉลี่ยจาก S ₁ และ S ₂ ($\bar{D}_{Analysis}$)	$= \frac{D_{11} + D_{12}}{2} = 0.004$			ค่าพิสัยเฉลี่ยจาก S ₁ และ S ₂ เฉลี่ยจาก 8 ตำแหน่ง ($\bar{D}_{Measurement}$)					$= \frac{\sum D_i}{n} = 0.015$
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation: s)									
1) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวิเคราะห์ ($s_{Analysis}$)	$= \frac{\bar{D}_{Analysis}}{1.128} = 0.003$								
2) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัด ($s_{Measurement}$)	$= \frac{\bar{D}_{Measurement}}{1.128} = 0.013$								
3) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการชักตัวอย่าง ($s_{Sampling}$)	$= \sqrt{(s_{Measurement})^2 - \left(\frac{s_{Analysis}}{\sqrt{2}} \right)^2} = 0.0129$								

ตารางผนวกที่ ข4 (ต่อ)

ตัวอย่างการคำนวณค่าความไม่แน่นอนจากการชักตัวอย่าง กรณีทำ Validation in time	
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (Relative Standard Deviation: %RSD)	
1) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของการวิเคราะห์ (%RSD _{Analysis})	$= \frac{S_{\text{Analysis}}}{X} \times 100\% = 0.65$
2) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของการชักตัวอย่าง (%RSD _{Sampling})	$= \frac{S_{\text{Sampling}}}{X} \times 100\% = 2.57$
3) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของการวัด (%RSD _{Measurement})	$= \frac{S_{\text{Measurement}}}{X} \times 100\% = 2.61$
ค่าความไม่แน่นอนขยาย (Expanded Uncertainty: %U) เท่ากับ 2 เท่าของค่า RSD	
1) ค่าความไม่แน่นอนขยายของการวิเคราะห์ (%U _{Analysis})	= 1.29
2) ค่าความไม่แน่นอนขยายของการชักตัวอย่าง (%U _{Sampling})	= 5.13
3) ค่าความไม่แน่นอนขยายของการวัด (%U _{Measurement})	= 5.21

ตารางผนวกที่ ข5 ผลการทดสอบความสม่ำเสมอ (Homogeneity) ของค่าเฉลี่ยความเป็นกรด ใน ตัวอย่างผลไม้รวมในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง จำนวน 10 รุ่นสินค้า

ปัจจัยทดสอบ ความใช้ได้ (Validation)	รุ่น สินค้า (Lot)	ค่าเฉลี่ย (%)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ช่วงความเชื่อมั่น 95%		P-Value
				ระดับล่าง	ระดับบน	
ตำแหน่งสินค้า (In space)	1	0.50	0.0208	0.4918	0.5051	0.385
	2	0.50	0.0212	0.4961	0.5097	0.205
	3	0.51	0.0138	0.5009	0.5098	0.119
	4	0.50	0.0226	0.4953	0.5098	0.070
	5	0.54	0.0206	0.5351	0.5482	0.068
	6	0.51	0.0228	0.5040	0.5186	0.156
	7	0.50	0.0128	0.4945	0.5027	0.156
	8	0.52	0.0158	0.5144	0.5245	0.083
	9	0.50	0.0178	0.4992	0.5106	0.076
	10	0.51	0.0231	0.5068	0.5215	0.208
เวลาผลิต (In time)		0.50	0.0116	0.5005	0.5080	0.147

ตารางผนวกที่ ข6 ผลการประมาณค่าความไม่แน่นอนจากวิธีการวิเคราะห์ การชักตัวอย่าง และการวัดค่าความเป็นกรดในตัวอย่างผลไม้รวมในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง

		ค่าความไม่แน่นอน (Expand Uncertainty)		
ปัจจัยทดสอบ ความใช้ได้ (Validation)	รุ่น สินค้า (Lot)	การวิเคราะห์	การชักตัวอย่าง	การวัด
		(Analysis uncertainty) (%ของค่าเฉลี่ย)	(Sampling uncertainty) (%ของค่าเฉลี่ย)	(Measurement uncertainty) (%ของค่าเฉลี่ย)
	1	1.59	8.09	8.17
	2	2.24	7.93	8.09
	3	1.55	6.99	7.07
	4	2.69	9.44	9.63
ตำแหน่งสินค้า (In space)	5	3.98	5.57	6.24
	6	3.11	9.74	9.99
	7	1.37	6.12	6.19
	8	2.12	6.52	6.69
	9	1.78	7.90	8.00
	10	1.92	9.57	9.67
เวลาผลิต (In time)		1.29	5.13	5.21

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวอรุษา บุญประสม
วัน เดือน ปี ที่เกิด	22 กันยายน 2527
สถานที่เกิด	จังหวัดสุรินทร์
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว) มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
การเสนอผลงานทางวิชาการ	เข้าร่วมประชุมเสนอผลงานวิจัยในประชุมวิชาการระดับชาติด้านการบริหารและการจัดการ ครั้งที่ 2 ณ ศูนย์ประชุมนานาชาติฉลองสิริราชสมบัติครบ 60 ปี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ จังหวัดสงขลา เมื่อวันที่ 21 พฤษภาคม พ.ศ. 2553 เรื่อง การประเมินค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่างเพื่อพัฒนาวิธีการชักตัวอย่างตามหลักการประกันคุณภาพ: กรณีศึกษาสินค้าอาหารสัตว์ และผลไม้กระป๋อง
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ได้รับทุนผู้ช่วยนักวิจัยจากสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหาร (มกอช.) ในการจัดทำโครงการพัฒนาหลักการสร้างวิธีการชักตัวอย่างตามหลักสากลเพื่อเป็นส่วนหนึ่งของงานการกำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหาร ปี 2551